

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-142483

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int. Cl.

H02P 6/06

H02P 21/00

H02P 7/63

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 2000-336791

(71)Applicant : DAIKIN IND LTD

(22)Date of filing : 06.11.2000

(72)Inventor : MAEDA TOSHIYUKI
KOSAKA MANABU
KITA MASANOBU

(54) CONTROL METHOD AND CONTROLLER OF SYNCHRONOUS MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize reduction in size and maximum efficiency of a synchronous motor by utilizing the voltage and current to the maximum while preventing occurrence of trip.

SOLUTION: The controller for a synchronous motor comprises a position/ speed detecting section 4 outputting the rotational position and rotational speed of the rotor of a synchronous motor 3 based on the motor current and motor voltage, a speed control section 5 performing speed control by receiving a speed from the position/speed detecting section 4 and an external speed command as inputs and outputting a current command, a phase control section 6 receiving a current command and an external phase command as inputs and outputting a current amplitude command, a current control section 7 receiving a current amplitude command, a motor current and a rotational position as inputs and outputting a voltage command being fed to an inverter 2, a maximum phase table 8 receiving a

speed from the position/speed detecting section 4 and a voltage command as inputs and outputting a corresponding maximum current phase, and a phase limit section 9 for limiting the phase command to be fed to the phase control section 6 based on the maximum current phase.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3622666

[Date of registration] 03.12.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The synchronous motor control approach characterized by setting the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter output voltage at that time, or its near for every instant in the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3).

[Claim 2] The synchronous motor control approach characterized by setting the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in an inverter maximum output electrical potential difference, or its near for every engine speed in the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3).

[Claim 3] The synchronous motor control approach according to claim 1 or 2 of answering a rotational frequency at least and changing the upper limit of a current phase.

[Claim 4] The synchronous motor control approach characterized by setting the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the maximum high-speed rotation, or its near in the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3).

[Claim 5] The synchronous motor control approach characterized by at least the maximum phase to which the inverter output current will be restricted for every business torque, and min setting the limiting value of a current phase as phases or these near in the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3).

[Claim 6] The synchronous motor control approach characterized by choosing the smallest upper limit in the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3) among the upper limits set up by claim 1, claim 2, claim 4, and claim 5 for every instant in the upper limit of a current phase.

[Claim 7] The synchronous motor control approach given in any of claim 1 to claim 6 which drives a synchronous motor with the smallest current phase among the current phases which set the lower limit of a current phase as the current phases which make effectiveness or torque max, or these near, and can output business torque they are.

[Claim 8] The synchronous motor control approach given in any of claim 1 to claim 7 which drives the compressor for air conditioners by said synchronous motor (3) they are.

[Claim 9] Said synchronous motor (3) is the synchronous motor control approach according to claim 8 of being a permanent magnet motor and setting the upper limit of a current phase as 80 abbreviation [60 -].

[Claim 10] The synchronous-motor control approach characterized by to answer that the output voltage of an inverter (2) reached threshold value with the increment in an engine speed in the synchronous motor control approach which controls a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter (2) to a permanent magnet motor, to advance a current phase, to answer having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and to perform rate suspension control.

[Claim 11] The synchronous-motor control approach characterized by to answer that the output voltage of an inverter (2) reached threshold value with the increment in an engine speed in the synchronous-motor control approach which controls a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter (2) to a permanent magnet motor, to advance a current phase, to answer having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and to hold the internal state of a speed-control means in the condition in front of threshold-value attainment.

[Claim 12] The synchronous motor control approach according to claim 10 or 11 of outputting a desired voltage waveform from an inverter (2), answering inverter output voltage approaching output voltage threshold value, and bringing the output voltage wave from an inverter (2) close to an output voltage wave with a high electrical-potential-difference utilization factor when inverter output voltage is generous to output voltage threshold value.

[Claim 13] The synchronous motor control approach according to claim 12 which adopts a sine wave as a voltage waveform of said request.

[Claim 14] The synchronous motor control approach according to claim 12 or 13 which adopts a square wave as an output voltage wave with said high electrical-potential-difference utilization factor.

[Claim 15] The synchronous motor control approach given in any of claim 10 to claim 14 which drives a compressor by the permanent magnet motor they are.

[Claim 16] The synchronous motor control approach characterized by controlling a motor current irrespective of whether the inverter output voltage amplitude is restricted in the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3).

[Claim 17] Control of said motor current is the synchronous motor control approach according to claim 16 of a motor current answering few things, and making a motor terminal voltage command value increasing, answering there being many motor currents, and decreasing a motor terminal voltage command value.

[Claim 18] The synchronous motor control approach according to claim 16 or 17 which controls an inverter (2) that reduction of the torque resulting from said voltage limiting should be compensated.

[Claim 19] The synchronous motor control approach according to claim 18 performed by compensating reduction of the amplitude of the fundamental-wave component of a phase voltage command according compensation of reduction of said torque to voltage limiting.

[Claim 20] The synchronous motor control approach given in any of claim 16 to claim 19 which controls a current phase so that it answers that the degree of the overmodulation which raises an electrical-potential-difference utilization factor exceeded the predetermined value and the degree of an overmodulation becomes a predetermined value they are.

[Claim 21] Said synchronous motor (3) is the synchronous motor control approach given in any of claim 9 to claim 20 which is the permanent magnet motor which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator they are.

[Claim 22] The synchronous motor control approach given in any of claim 16 to claim 21 which drives a compressor by said synchronous motor (3) they are.

[Claim 23] In the synchronous motor control unit which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3) The synchronous motor control unit characterized by including (the inverter control means (6) and (7) which set the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter output voltage at that time, or its near for every instant, 8) (8'), (9) (9'), and (11).

[Claim 24] In the synchronous motor control unit which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3) The synchronous motor control unit characterized by including (the inverter control means (6) and (7) which set the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in an inverter maximum output electrical potential difference, or its near for every engine speed, 8) (8'), (9) (9'), and (11).

[Claim 25] Said inverter control means (8) is a synchronous motor control unit according to claim 23 or 24 which is that to which a rotational frequency is answered at least and the upper limit of a current phase is

changed.

[Claim 26] In the synchronous motor control unit which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3) The synchronous motor control unit characterized by including (the inverter control means (6) and (7) which set the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the maximum high-speed rotation, or its near, 8) (8'), (9) (9'), and (11).

[Claim 27] In the synchronous motor control unit which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3) The synchronous motor control unit characterized by including the inverter control means (6) by which at least the maximum phase to which the inverter output current will be restricted for every business torque, and min set the limiting value of a current phase as phases or these near, (7), (8), (9) (9'), and (11).

[Claim 28] The synchronous motor control unit characterized by including the inverter control means which chooses the smallest upper limit in the synchronous motor control unit which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3) among the upper limits set up by claim 23, claim 24, claim 26, and claim 27 for every instant in the upper limit of a current phase.

[Claim 29] Said inverter control means (6), (7), (8) (9'), and (11) are a synchronous motor control unit given in any of claim 23 to claim 28 which is what controls an inverter (2) by the smallest current phase that a synchronous motor should be driven among the current phases which set the lower limit of a current phase as the current phases which make effectiveness or torque max, or these near, and can output business torque they are.

[Claim 30] Said synchronous motor (3) is a synchronous motor control unit given in any of claim 23 to claim 29 which is what drives the compressor for air conditioners they are.

[Claim 31] Said synchronous motor (3) is a synchronous motor control unit according to claim 30 which is that by which it is a permanent magnet motor and said inverter control means (6), (7), (8), and (9) set the upper limit of a current phase as 80 abbreviation [60 -].

[Claim 32] In the synchronous motor control unit which controls a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter (2) to a permanent magnet motor Answer that the output voltage of an inverter (2) reached threshold value with the increment in an engine speed, and a current phase is advanced. The synchronous motor control unit characterized by including (the inverter control means (5) (5a) and (6) which answer having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and perform rate suspension control, 7), (8) (9'), (10), (11), and (13).

[Claim 33] In the synchronous motor control unit which controls a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter (2) to a permanent magnet motor Answer that the output voltage of an inverter (2) reached threshold value with the increment in an engine speed, and a current phase is advanced. The synchronous motor control unit characterized by including (the inverter control means (5) and (6) which answer having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and hold the internal state of a speed-control means (5) in the condition in front of threshold value attainment, 7), (8), (9), and (13).

[Claim 34] Said inverter control means (5), (7), (12) (12a), and (13) are a synchronous motor control unit according to claim 32 or 33 which is what outputs a desired voltage waveform from an inverter (2), answers that inverter output voltage approaches output voltage threshold value, and brings the output voltage wave from an inverter (2) close to an output voltage wave with a high electrical-potential-difference utilization factor when inverter output voltage is generous to output voltage threshold value.

[Claim 35] Said inverter control means (5), (7), (12) (12a), and (13) are a synchronous motor control unit according to claim 34 which is what adopts a sine wave as a voltage waveform of said request.

[Claim 36] Said inverter control means (5), (7), (12) (12a), and (13) are a synchronous motor control unit according to claim 34 or 35 which is what adopts a square wave as an output voltage wave with said high electrical-potential-difference utilization factor.

[Claim 37] Said permanent magnet motor is a synchronous motor control unit given in any of claim 32 to claim 36 which is what drives a compressor they are.

[Claim 38] The synchronous motor control device characterized by including the inverter control means (6) which controls an inverter (2) that a motor current should be controlled irrespective of whether the inverter output voltage amplitude is restricted in the synchronous motor control device which controls a synchronous motor (3) by supplying the output voltage of an inverter (2) to a synchronous motor (3), (7), (35), and (39).

[Claim 39] Said inverter control means (6), (7), (35), and (39) are a synchronous motor control unit

according to claim 38 which is what is performed by a motor current's answering few things in control of said motor current, and making a motor terminal voltage command value increase, answering that there are many motor currents, and decreasing a motor terminal voltage command value.

[Claim 40] Said inverter control means (6), (35), and (39) are a synchronous motor control unit according to claim 38 or 39 which is what controls an inverter (2) that reduction of the torque resulting from said voltage limiting should be compensated.

[Claim 41] Said inverter control means (6), (35), and (39) are a synchronous motor control unit according to claim 40 which is what is performed by compensating reduction of the amplitude of the fundamental-wave component of a phase voltage command according compensation of reduction of said torque to voltage limiting.

[Claim 42] Said inverter control means (6) and (35) are a synchronous motor control unit given in any of claim 38 to claim 41 which is what controls a current phase so that it answers that the degree of an overmodulation exceeded the predetermined value and the degree of an overmodulation becomes a predetermined value they are.

[Claim 43] Said synchronous motor (3) is a synchronous motor control unit given in any of claim 31 to claim 42 which is the permanent magnet motor which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator they are.

[Claim 44] Said synchronous motor (3) is a synchronous motor control unit given in any of claim 38 to claim 43 which is what drives a compressor they are.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the synchronous motor control approach which controls a synchronous motor, and its equipment by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0002]

[Description of the Prior Art] The synchronous motor control unit which controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor from the former is proposed.

[0003] And as such a synchronous motor control unit, while performing (1) overmodulation What uses together armature-voltage control and electrical-potential-difference phase control, controls an inverter, and controls a synchronous motor by supplying inverter output voltage, (2) Do not perform an overmodulation, but use together current control and current phase control, and an inverter is controlled. What changes the thing and (3) armature-voltage control which control a synchronous motor, and current control, controls an inverter, and controls a synchronous motor by supplying an inverter output wave is proposed by supplying inverter output voltage. Moreover, in the synchronous motor control unit of (4) and (2), what restricts the maximum of the current phase controlled by current phase control with a suitable value is proposed. For example, in the brushless DC motor control unit shown in JP,8-322279,A, the maximum phase is set up according to required torque.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since a current trip occurs at the time of an overload although the maximum use of the output voltage of an inverter can be carried out when the synchronous motor control device of the above (1) is adopted, there is un-arranging [that the maximum use of the inverter output current cannot be carried out].

[0005] Although generating of a current trip can be beforehand prevented when the synchronous motor

control unit of the above (2) is adopted, there is un-arranging [that the maximum use of the inverter output voltage cannot be carried out]. If it puts in another way, there is un-arranging [that effectiveness cannot fully be raised].

[0006] When the synchronous motor control unit of the above (3) is adopted, while un-arranging at the time of adopting the inconvenience at the time of adopting the synchronous motor control unit of (1) according to a change and the synchronous motor control unit of (2) occurs, there is also un-arranging [that the configuration for performing the configuration and current control for performing armature-voltage control is required, and a configuration is complicated].

[0007] When the synchronous motor control unit of the above (4) is adopted, since the maximum of a current phase is only restricted with the suitable value, there is un-arranging [that the capacity of a synchronous motor and an inverter is unutilizable for the maximum]. Furthermore, it explains.

[0008] Since a synchronous motor cannot be changed into the condition that the maximum torque can be generated, it is necessary to enlarge a synchronous motor beyond the need. Moreover, since it is necessary to adopt the motor which stopped induced voltage low to make high-speed rotation perform, a drive current increases, and when driving a compressor by the synchronous motor, compressor rated (medium-speed region) effectiveness will fall. Furthermore, since the current phase is not restricted appropriately, if a current phase exceeds true threshold value, a synchronous motor will stall, and it will produce un-arranging, such as generating of a trip or the sharp decline in effectiveness, and operating-range un-attaining.

[0009] Furthermore, it explains.

[0010] Since the margin design which is not allowed but gives allowances to an electrical potential difference and a current was a base, the maximum torque conditions under electrical-potential-difference constraint not being shown at all in controlling a synchronous motor from the former, and performing rate suspension control in a servo application completely cannot control the synchronous motor in maximum torque conditions. Since the margin design had become common sense also in applications other than a servo, it was completely impossible to have controlled the synchronous motor in maximum torque conditions. When putting in another way, it was impossible to have used the maximum capacity of a synchronous motor like the maximum acceleration and the maximum torque. For this reason, when a margin is exceeded, a synchronous motor will stall, as a result trips, degradation, and operating-range sheep will be brought about.

[0011] Moreover, when inverter output voltage performs a torque control according to a motor current when high enough, and it originates in motor induced voltage as compared with motor induced voltage at the time of high-speed rotation and it becomes impossible to increase a motor electrical potential difference, a current phase is advanced, magnetic flux is weakened, and making high-speed rotation perform further by making a motor current increase is known. However, the approach of pulling out the maximum capacity of a motor using these is not not only proposed at all, but when the command beyond capacity is given momentarily, the method of preventing emission of a control system is not proposed at all. Therefore, it is impossible to use up capacity ***** of a motor inverter, maintaining a good controllability (a high speed of response, high effectiveness).

[0012] Furthermore, since it is thought that a current control system emits if inverter output voltage reaches threshold value, when using inverter output voltage to near threshold value, current control will not be able to be performed, consequently it will produce un-arranging, such as emission of a trip and a control system.

[0013]

[Objects of the Invention] This invention is made in view of the above-mentioned trouble, the capacity of a synchronous motor can be utilized for the maximum, the capacity of an inverter is utilizable for the maximum, securing a high controllability, and it aims at offering trip loess, the synchronous motor control approach that current control can be performed, and its equipment, carrying out the maximum use of the inverter output voltage moreover.

[0014]

[Means for Solving the Problem] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, the synchronous motor control approach of claim 1 is an approach of setting the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter output voltage at that time, or its near for every instant.

[0015] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, the synchronous motor control approach of claim 2 is an approach of setting the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in an inverter maximum output electrical

potential difference, or its near, for every engine speed.

[0016] The synchronous motor control approach of claim 3 is an approach of answering a rotational frequency at least and changing the upper limit of a current phase.

[0017] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, the synchronous motor control approach of claim 4 is an approach of setting the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the maximum high-speed rotation, or its near.

[0018] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, the synchronous motor control approach of claim 5 is an approach at least the maximum phase to which the inverter output current will be restricted for every business torque, and min set the limiting value of a current phase as phases or these near.

[0019] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, the synchronous motor control approach of claim 6 is the approach of choosing the smallest upper limit among the upper limits set up by claim 1, claim 2, claim 4, and claim 5 for every instant in the upper limit of a current phase.

[0020] The synchronous motor control approach of claim 7 is an approach of driving a synchronous motor with the smallest current phase among the current phases which set the lower limit of a current phase as the current phases which make effectiveness or torque max, or these near, and can output business torque.

[0021] The synchronous motor control approach of claim 8 is an approach of driving the compressor for air conditioners by said synchronous motor.

[0022] The synchronous motor control approach of claim 9 is an approach of adopting a permanent magnet motor as said synchronous motor, and setting the upper limit of a current phase as 80 abbreviation [60 -].

[0023] In controlling a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor, the synchronous motor control approach of claim 10 is an approach of answering the output voltage of an inverter having reached threshold value with the increment in an engine speed, advancing a current phase, answering having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and performing rate suspension control.

[0024] In controlling a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor, the synchronous motor control approach of claim 11 is an approach of answering the output voltage of an inverter having reached threshold value with the increment in an engine speed, advancing a current phase, answering having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and holding the internal state of a speed-control means in the condition in front of threshold value attainment.

[0025] The synchronous motor control approach of claim 12 is an approach of outputting a desired voltage waveform from an inverter, answering inverter output voltage approaching output voltage threshold value, and bringing the output voltage wave from an inverter close to an output voltage wave with a high electrical-potential-difference utilization factor, when inverter output voltage is generous to output voltage threshold value.

[0026] The synchronous motor control approach of claim 13 is the approach of adopting a sine wave as a voltage waveform of said request.

[0027] The synchronous motor control approach of claim 14 is the approach of adopting a square wave as an output voltage wave with said high electrical-potential-difference utilization factor.

[0028] The synchronous motor control approach of claim 15 is an approach of driving a compressor by the permanent magnet motor.

[0029] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, the synchronous motor control approach of claim 16 is the approach of controlling a motor current irrespective of whether the inverter output voltage amplitude is restricted.

[0030] The synchronous motor control approach of claim 17 is the approach of performing by a motor current's answering few things in control of said motor current, and making a motor terminal voltage command value increase, answering that there are many motor currents, and decreasing a motor terminal voltage command value.

[0031] The synchronous motor control approach of claim 18 is the approach of controlling an inverter that reduction of the torque resulting from said voltage limiting should be compensated.

[0032] The synchronous motor control approach of claim 19 is the approach of performing by compensating reduction of the amplitude of the fundamental-wave component of a phase voltage command according

compensation of reduction of said torque to voltage limiting.

[0033] The synchronous motor control approach of claim 20 is the approach of controlling a current phase so that it answers that the degree of the overmodulation which raises an electrical-potential-difference utilization factor exceeded the predetermined value and the degree of an overmodulation becomes a predetermined value.

[0034] The synchronous motor control approach of claim 21 is the approach of adopting the permanent magnet motor which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator as said synchronous motor.

[0035] The synchronous motor control approach of claim 22 is an approach of driving a compressor by said synchronous motor.

[0036] The synchronous motor control device of claim 23 includes the inverter control means which sets the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter output voltage at that time, or its near for every instant in what controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0037] The synchronous motor control device of claim 24 includes the inverter control means which sets the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in an inverter maximum output electrical potential difference, or its near for every engine speed in what controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0038] That to which a rotational frequency is answered at least and the upper limit of a current phase is changed as said inverter control means is used for the synchronous motor control device of claim 25.

[0039] The synchronous motor control device of claim 26 includes the inverter control means which sets the upper limit of a current phase as the phase which makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the maximum high-speed rotation, or its near in what controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0040] The synchronous motor control device of claim 27 includes the inverter control means by which at least the maximum phase to which the inverter output current will be restricted for every business torque, and min set the limiting value of a current phase as phases or these near in what controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0041] The synchronous motor control device of claim 28 includes the inverter control means which chooses the smallest upper limit among the upper limits set up by claim 23, claim 24, claim 26, and claim 27 for every instant in the upper limit of a current phase in what controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0042] The synchronous motor control device of claim 29 sets the lower limit of a current phase as the current phases which make effectiveness or torque max, or these near as said inverter control means, and what controls an inverter by the smallest current phase among the current phases which can output business torque that a synchronous motor should be driven is used for it.

[0043] What drives the compressor for air conditioners is used for the synchronous motor control unit of claim 30 as said synchronous motor.

[0044] A permanent magnet motor is used for the synchronous motor control device of claim 31 as said synchronous motor, and what sets the upper limit of a current phase as 80 abbreviation [60 -] is used for it as said inverter control means.

[0045] The synchronous motor control device of claim 32 includes the inverter control means which answers that the output voltage of an inverter reached threshold value with the increment in an engine speed, advances a current phase, answers having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and performs rate suspension control in what controls a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor.

[0046] The synchronous-motor control device of claim 33 includes the inverter control means which answers that the output voltage of an inverter reached threshold value with the increment in an engine speed, advances a current phase, answers having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and holds the internal state of a speed-control means in the condition in front of threshold value attainment in what controls a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor.

[0047] When inverter output voltage is generous to output voltage threshold value as said inverter control means, the synchronous motor control device of claim 34 outputs a desired voltage waveform from an inverter, and what answers that inverter output voltage approaches output voltage threshold value, and

brings the output voltage wave from an inverter close to an output voltage wave with a high electrical-potential-difference utilization factor is used for it.

[0048] What makes a sine wave the voltage waveform of said request is used for the synchronous motor control device of claim 35 as said inverter control means.

[0049] What makes a square wave an output voltage wave with said high electrical-potential-difference utilization factor is used for the synchronous motor control device of claim 36 as said inverter control means.

[0050] What drives a compressor as said permanent magnet motor is used for the synchronous motor control unit of claim 37.

[0051] The synchronous motor control device of claim 38 includes the inverter control means which controls an inverter that a motor current should be controlled irrespective of whether the inverter output voltage amplitude is restricted in what controls a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor.

[0052] What is performed by a motor current's answering few things in control of said motor current as said inverter control means, and making a motor terminal voltage command value increase, answering that there are many motor currents, and decreasing a motor terminal voltage command value is used for the synchronous motor control device of claim 39.

[0053] What controls an inverter that reduction of the torque resulting from said voltage limiting should be compensated as said inverter control means is used for the synchronous motor control device of claim 40.

[0054] What is performed by compensating reduction of the amplitude of the fundamental-wave component of a phase voltage command according compensation of reduction of said torque to voltage limiting as said inverter control means is used for the synchronous motor control device of claim 41.

[0055] As said inverter control means, the synchronous motor control device of claim 42 answers that the degree of an overmodulation exceeded the predetermined value, and what controls a current phase so that the degree of an overmodulation becomes a predetermined value is used for it.

[0056] The permanent magnet motor which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator is used for the synchronous motor control unit of claim 43 as said synchronous motor.

[0057] What drives a compressor as said synchronous motor is used for the synchronous motor control unit of claim 44.

[0058]

[Function] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control approach of claim 1 Since the upper limit of a current phase is set as the phase which makes motor torque max in the inverter output voltage at that time, or its near for every instant In order to advance a current phase in order to pull up the maximum rotational speed, or to control a rate, when operating an electrical-potential-difference phase or a current phase, operation near the maximum torque which can generate a synchronous motor can be performed. Consequently, while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result the maximum effectiveness by a miniaturization and the optimal tuning of a synchronous motor can be realized.

[0059] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control approach of claim 2 Since the upper limit of a current phase is set as the phase which makes motor torque max in an inverter maximum output electrical potential difference, or its near for every engine speed A synchronous motor can be controlled using the upper limit of the current phase set up for every rate, and the current phase at the time of the field-weakening control at the time of a high speed can be held below to a upper limit. Consequently, while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0060] If it is the synchronous motor control approach of claim 3, since a rotational frequency is answered at least and the upper limit of a current phase is changed, the same operation as claim 1 or claim 2 can be attained.

[0061] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control approach of claim 4 Since the upper limit of a current phase is set as the phase which makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the maximum high-speed rotation, or its near, while simplifying processing and being able to prevent generating of a trip beforehand It can make the most of an electrical potential

difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0062] Since at least the maximum phase to which the inverter output current will be restricted for every business torque, and min set the limiting value of a current phase as phases or these near in controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor if it is the synchronous motor control approach of claim 5, a torque fall can be prevented and, moreover, a current phase can be controlled to the maximum extent. Consequently, while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0063] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control approach of claim 6 By restricting a current phase by the selected upper limit, since the smallest upper limit is chosen among the upper limits set up by claim 1, claim 2, claim 4, and claim 5 for every instant in the upper limit of a current phase While being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0064] The current phase which will make effectiveness or torque max for the lower limit of a current phase if it is the synchronous motor control approach of claim 7, Or since a synchronous motor is driven with the smallest current phase among the current phases which set it as these near and can output business torque A current phase is controllable to the phase between a lower limit and an upper limit, and also the same operation as any of claim 1 to claim 6 they are can be attained.

[0065] The same operation as any of claim 1 to claim 7 they are can be attained without being able to cool the synchronous motor to which generation of heat becomes large at the time of field-weakening control, and taking into consideration especially heat dissipation of a synchronous motor with a refrigerant, since the compressor for air conditioners is driven by said synchronous motor if it is the synchronous motor control approach of claim 8.

[0066] If it is the synchronous motor control approach of claim 9, since a permanent magnet motor will be adopted as said synchronous motor and the upper limit of a current phase will be set as 80% [60 -], the maximum capacity of a permanent magnet motor can be pulled out, good operational characteristics can be realized, and, moreover, the same operation as claim 8 can be attained.

[0067] In controlling a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor, if it is the synchronous motor control approach of claim 10 Answer that the output voltage of an inverter reached threshold value with the increment in an engine speed, and a current phase is advanced. Since it answers having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value and rate suspension control is performed, a permanent magnet motor is driven to a current limitation and below a phase limitation, and emission of a control system can be prevented. And while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0068] In controlling a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor, if it is the synchronous motor control approach of claim 11 Answer that the output voltage of an inverter reached threshold value with the increment in an engine speed, and a current phase is advanced. Since it answers having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value and the internal state of a speed-control means is held in the condition in front of threshold value attainment, emission of a speed-control system can be prevented. And while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0069] If it is the synchronous motor control approach of claim 12, when inverter output voltage is generous to output voltage threshold value, Since a desired voltage waveform is outputted from an inverter, it answers that inverter output voltage approaches output voltage threshold value and the output voltage wave from an inverter is brought close to an output voltage wave with a high electrical-potential-difference utilization factor If a voltage waveform is adjusted suitably, while being able to attain silence in a low-speed area, expansion of a high-speed operating range can be attained, and also the same operation as claim 10 or claim

11 can be attained.

[0070] If it is the synchronous motor control approach of claim 13, since a sine wave is adopted as a voltage waveform of said request, the noise by the higher harmonic and vibration can be controlled easily, and also the same operation as claim 12 can be attained.

[0071] If it is the synchronous motor control approach of claim 14, since a square wave is adopted as an output voltage wave with said high electrical-potential-difference utilization factor, sufficient expansion of a high-speed operating range can be attained, and also the same operation as claim 12 or claim 13 can be attained.

[0072] If it is the synchronous motor control approach of claim 15, since a compressor is driven by the permanent magnet motor, while being able to reduce the noise and vibration, it can drive to a high speed, and also the same operation as any of claim 10 to claim 14 they are can be attained.

[0073] Since a motor current is controlled irrespective of whether the inverter output voltage amplitude is restricted in controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor if it is the synchronous motor control approach of claim 16, a motor current can be controlled also when a current increases according to disturbance etc. at the time of voltage limiting. And while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0074] If it is the synchronous motor control approach of claim 17, since it will carry out by a motor current's answering few things in control of said motor current, and making a motor terminal voltage command value increase, answering that there are many motor currents, and decreasing a motor terminal voltage command value, the same operation as claim 16 can be attained.

[0075] If it is the synchronous motor control approach of claim 18, since an inverter is controlled that reduction of the torque resulting from said voltage limiting should be compensated, holding the torque in front of current limiting and also can be continued, and the same operation as claim 16 or claim 17 can be attained.

[0076] If it is the synchronous motor control approach of claim 19, since it will carry out by compensating reduction of the amplitude of the fundamental-wave component of a phase voltage command according compensation of reduction of said torque to voltage limiting, the same operation as claim 18 can be attained.

[0077] If it is the synchronous motor control approach of claim 20, it answers that the degree of the overmodulation which raises an electrical-potential-difference utilization factor exceeded the predetermined value, and since a current phase is controlled so that the degree of an overmodulation becomes a predetermined value, it can prevent that the degree of an overmodulation becomes large too much, and also the same operation as any of claim 16 to claim 19 they are can be attained.

[0078] If it is the synchronous motor control approach of claim 21, since the permanent magnet motor which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator is adopted as said synchronous motor, a field weakening operation can be used effectively, and also the same operation as any of claim 9 to claim 20 they are can be attained.

[0079] If it is the synchronous motor control approach of claim 22, since a compressor is driven by said synchronous motor, even if it is the case where rapid load increase takes place, a synchronous motor and the overcurrent which brings about breakage of an inverter can be prevented, and also the same operation as any of claim 16 to claim 21 they are can be attained.

[0080] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control device of claim 23, the upper limit of a current phase can be set as the phase which makes motor torque max in the inverter output voltage at that time, or its near for every instant by the inverter control means.

[0081] Therefore, in controlling an electrical-potential-difference phase or a current phase, in order to advance a current phase in order to earn the maximum rotational speed, or to control the speed, control by the maximum torque which can generate a synchronous motor can be performed. Consequently, while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result the maximum effectiveness by a miniaturization and the optimal tuning of a synchronous motor can be realized.

[0082] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control device of claim 24, the upper limit of a current phase can be set as the phase which makes motor torque max in an inverter maximum output electrical potential difference,

or its near for every engine speed by the inverter control means.

[0083] Therefore, a synchronous motor can be controlled using the upper limit of the current phase set up for every rate, and the current phase at the time of the field-weakening control at the time of a high speed can be held below to a upper limit. Consequently, while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0084] If it is the synchronous motor control device of claim 25, since that to which a rotational frequency is answered at least and the upper limit of a current phase is changed as said inverter control means will be adopted, the same operation as claim 23 or claim 24 can be attained.

[0085] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control device of claim 26, the upper limit of a current phase can be set as the phase which makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the maximum high-speed rotation, or its near by the inverter control means.

[0086] Therefore, a current phase can be restricted only to the transient change at the time of the maximum electrical potential difference and a maximum current phase. Consequently, while simplifying a configuration and being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0087] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control device of claim 27, at least the maximum phase to which the inverter output current will be restricted for every business torque in the limiting value of a current phase, and min can be set as phases or these near by the inverter control means.

[0088] Therefore, a torque fall can be prevented and, moreover, a current phase can be controlled to the maximum extent. Consequently, while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0089] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control device of claim 28, the smallest upper limit can be chosen among the upper limits set up by claim 23, claim 24, claim 26, and claim 27 for every instant in the upper limit of a current phase by the inverter control means.

[0090] Therefore, while being able to prevent generating of a trip beforehand by restricting a current phase by the selected upper limit, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0091] If it is the synchronous motor control device of claim 29, as said inverter control means The lower limit of a current phase is set as the current phases which make effectiveness or torque max, or these near. Since what controls an inverter by the smallest current phase among the current phases which can output business torque that a synchronous motor should be driven is adopted A current phase is controllable to the phase between a lower limit and a upper limit, and also the same operation as any of claim 23 to claim 28 they are can be attained.

[0092] The same operation as any of claim 23 to claim 29 they are can be attained without being able to cool a synchronous motor and taking into consideration especially heat dissipation of a synchronous motor with a refrigerant, since what drives the compressor for air conditioners is adopted as said synchronous motor if it is the synchronous motor control unit of claim 30.

[0093] If it is the synchronous motor control device of claim 31, since it will adopt a permanent magnet motor as said synchronous motor and what sets the upper limit of a current phase as 80 abbreviation [60 -] will be adopted as said inverter control means, the maximum capacity of a permanent magnet motor can be pulled out, a flat torque characteristic can be realized, and, moreover, the same operation as claim 30 can be attained.

[0094] In controlling a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor, if it is the synchronous motor control device of claim 32, by the inverter control means, it answers that the output voltage of an inverter reached threshold value with the increment in an engine speed, and a current phase can be advanced, it can answer having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and rate suspension control can be performed.

[0095] Therefore, a permanent magnet motor is driven to a current limitation and below a phase limitation,

and emission of a control system can be prevented. And while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0096] In controlling a permanent magnet motor by supplying the output voltage of an inverter to a permanent magnet motor, if it is the synchronous motor control device of claim 33, by the inverter control means, it answers that the output voltage of an inverter reached threshold value with the increment in an engine speed, and a current phase can be advanced, it can answer having reached predetermined current phase threshold value or current threshold value, and the internal state of a speed-control means can be held in the condition in front of threshold value attainment.

[0097] Therefore, emission of a speed-control system can be prevented. And while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0098] If it is the synchronous motor control device of claim 34, when inverter output voltage is generous to output voltage threshold value as said inverter control means, Since what outputs a desired voltage waveform from an inverter, answers that inverter output voltage approaches output voltage threshold value, and brings the output voltage wave from an inverter close to an output voltage wave with a high electrical-potential-difference utilization factor is adopted While being able to attain silence in a low-speed area, expansion of a high-speed operating range can be attained, and also the same operation as claim 32 or claim 33 can be attained.

[0099] If it is the synchronous motor control device of claim 35, since what makes a sine wave the voltage waveform of said request is adopted as said inverter control means, the noise by the higher harmonic and vibration can be controlled easily, and also the same operation as claim 34 can be attained.

[0100] If it is the synchronous motor control device of claim 36, since what makes a square wave an output voltage wave with said high electrical-potential-difference utilization factor is adopted as said inverter control means, sufficient expansion of a high-speed operating range can be attained, and also the same operation as claim 34 or claim 35 can be attained.

[0101] If it is the synchronous motor control unit of claim 37, since what drives a compressor as said permanent magnet motor is adopted, while being able to reduce the noise and vibration, it can drive to a high speed, and also the same operation as any of claim 32 to claim 36 they are can be attained.

[0102] In controlling a synchronous motor by supplying the output voltage of an inverter to a synchronous motor, if it is the synchronous motor control device of claim 38, an inverter is [that a motor current should be controlled] controllable by the inverter control means irrespective of whether the inverter output voltage amplitude is restricted.

[0103] Therefore, a motor current can be controlled also when a current increases according to disturbance etc. at the time of voltage limiting. And while being able to prevent generating of a trip beforehand, it can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning can be realized.

[0104] If it is the synchronous motor control device of claim 39, since what is performed by a motor current's answering few things in control of said motor current as said inverter control means, and making a motor terminal voltage command value increase, answering that there are many motor currents, and decreasing a motor terminal voltage command value will be adopted, the same operation as claim 38 can be attained.

[0105] If it is the synchronous motor control device of claim 40, since what controls an inverter that reduction of the torque resulting from said voltage limiting should be compensated as said inverter control means is adopted, holding the torque in front of current limiting and also can be continued, and the same operation as claim 38 or claim 39 can be attained.

[0106] If it is the synchronous motor control device of claim 41, since what is performed by compensating reduction of the amplitude of the fundamental-wave component of a phase voltage command according compensation of reduction of said torque to voltage limiting as said inverter control means will be adopted, the same operation as claim 40 can be attained.

[0107] If it is the synchronous motor control device of claim 42, as said inverter control means, since what controls a current phase is adopted, it can prevent that the degree of an overmodulation becomes large too much, so that it may answer that the degree of an overmodulation exceeded the predetermined value and the

degree of an overmodulation may become a predetermined value, and also the same operation as any of claim 38 to claim 41 they are can be attained.

[0108] If it is the synchronous motor control unit of claim 43, since the permanent magnet motor which comes to embed a permanent magnet to the interior of a rotator is adopted as said synchronous motor, a field weakening operation can be used effectively, and also the same operation as any of claim 31 to claim 42 they are can be attained.

[0109] If it is the synchronous motor control unit of claim 44, since what drives a compressor as said synchronous motor is adopted, even if it is the case where rapid load increase takes place, a synchronous motor and the overcurrent which brings about breakage of an inverter can be prevented, and also the same operation as any of claim 38 to claim 43 they are can be attained.

[0110]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to an accompanying drawing, the mode of operation of the synchronous motor control approach of this invention and its equipment is explained to a detail.

[0111] Drawing 1 is the block diagram showing one embodiment of the synchronous motor control device of this invention.

[0112] Converter 1a which this synchronous motor control device considers AC power supply 1 as an input, and outputs direct current power, The inverter 2 which outputs alternating current power by considering direct current power as an input, and is supplied to a synchronous motor 3, Current detecting-element 3a which detects a motor current, and electrical-potential-difference detecting-element 3b which detects a motor electrical potential difference, A motor current, and the location and speed detector 4 which output the rotation location (the Rota location is called hereafter) of the rotator of a synchronous motor 3, and the rotational speed (a rate is only called hereafter) of a rotator based on a motor electrical potential difference, The speed-control section 5 which controls the speed by considering as an input the rate command given from the rate and the outside from a location and a speed detector 4, and outputs a current command, The phase control section 6 which performs phase control by considering as an input the phase command given from the current command and the outside from the speed-control section 5, and outputs a current amplitude command, The current control section 7 which performs current control by considering the current amplitude command, motor current, and the Rota location (theta) from the phase control section 6 as an input, outputs an electrical-potential-difference command, and is supplied to an inverter 2, The electrical-potential-difference command from the rate and the current control section 7 from a location and a speed detector 4 is considered as an input. The maximum phase table 8 which outputs the maximum current phase which corresponds among the maximum current phases (motor output voltage, maximum current phase beforehand set up corresponding to the rotational frequency) set up beforehand, It has the phase limit section 9 which restricts a phase command based on a maximum current phase so that the phase control section 6 may be supplied.

[0113] Although the permanent magnet motor {an embedded permanent magnet motor (IPM) is called hereafter} which comes to arrange a permanent magnet inside a rotator can be illustrated as said synchronous motor 3, for example, it is possible to adopt the thing of other well-known configurations conventionally.

[0114] As said maximum phase table 8, a maximum current phase may be held in the form of a function.

[0115] Although the Rota location and a rate are detected as said location and speed detector 4 based on the induced voltage in the non-energized section, the location detection device is prepared in the synchronous motor 3, and you may make it output the Rota location and a rate from a location detection result. Of course, the operation based on a motor model may be performed and the Rota location and a rate may be outputted.

[0116] Moreover, since the configuration of each of said component is conventionally well-known, it omits detailed explanation.

[0117] First, the current phase-torque characteristic of IPM is explained.

[0118] Drawing 2 is drawing showing the current phase-torque characteristic of IPM at the time of a motor current clamp.

[0119] In IPM, since the reluctance torque other than magnet torque occurs, it advances from zero current phase and the maximum torque is generated with a phase. Since it will be in the field weakening condition which weakens the field of a permanent magnet, the electrical potential difference impressed to IPM at this time falls, so that it advances a current phase.

[0120] And although a motor current increases by advancing a current phase when the applied voltage of

IPM is set constant so that (a) and (b) may show among drawing 3 which shows the current phase-torque characteristic at the time of a voltage clamp, the torque yield to a motor current decreases. And in IPM used for evaluation of drawing 3, when a current phase is 70 - 80 degrees, the maximum torque is generated. [0121] The operation of the synchronous motor control unit of the above-mentioned configuration is as follows.

[0122] While impressing the output voltage of an inverter 2, operating the synchronous motor 3 and current detecting-element 3a detects a motor current, electrical-potential-difference detecting-element 3b detects a motor electrical potential difference, and the Rota location and a rate are detected by supplying a motor current and a motor electrical potential difference to a location and a speed detector 4.

[0123] And based on the rate command given from the detected rate and the outside, the speed is controlled by the speed-control section 5, and a current command is generated.

[0124] Moreover, the phase command given from the outside is supplied to the phase limit section 9, and it restricts a phase command so that the maximum current phase outputted from the maximum phase table 8 based on an electrical-potential-difference command and a rate may not be exceeded. Of course, when a phase command is smaller than a maximum current phase, a phase command is outputted as it is.

[0125] A current amplitude command (and current phase) is outputted by performing phase control in the phase control section 6 based on the current command from the speed-control section 5, and the phase command from the phase limit section 9.

[0126] Based on this current amplitude command, a motor current, and the Rota location, the current control section 7 performs current control, an electrical-potential-difference command is outputted in order to double the magnitude of a motor current, and a phase with a command value, and an inverter 2 is supplied.

[0127] Therefore, in controlling the speed, while performing processing which advances a current phase, in order to earn the maximum rotational speed, processing which controls not an electrical-potential-difference value but a current phase can be performed, and control by the maximum torque which can moreover generate a synchronous motor 3 can be performed.

[0128] In addition, in the synchronous motor control unit of the above-mentioned configuration, while omitting the current control section 7, generating a direct voltage swing in the speed-control section 5 and performing electrical-potential-difference phase control in the phase control section 6, it is possible to constitute so that the electrical-potential-difference command to the inverter set by the Rota location may be generated.

[0129] Drawing 4 is the block diagram showing other embodiments of the synchronous motor control device of this invention.

[0130] The point that this synchronous motor control device differs from the synchronous motor control device of drawing 1 is only a point which adopted what holds the maximum current phase to each rate as a maximum phase table 8.

[0131] Therefore, the maximum current phase which corresponds from the maximum phase table 8 based on the rate from a location and a speed detector 4 is outputted in this case, and the phase limit section 9 can be supplied.

[0132] Consequently, in controlling the speed like the synchronous motor control unit of drawing 1, while performing processing which advances a current phase in order to earn the maximum rotational speed, processing which controls not an electrical-potential-difference value but a current phase can be performed, and control by the maximum torque which can moreover generate a synchronous motor 3 can be performed.

[0133] Moreover, in this embodiment, the maximum phase table 8 can be transposed to a constant.

[0134] Usually, in a synchronous motor control unit with a current control loop, when torque is needed, processing to which a motor current value is made to increase is performed, and a current phase is not moved greatly. For this reason, that a limit of a current phase is needed has many cases only at the time of the field-weaking control at the time of a high speed. Therefore, by adopting the synchronous motor control unit of this embodiment, only when very required, a current phase can be restricted.

[0135] Drawing 5 is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0136] The point that this synchronous motor control device differs from the synchronous motor control device of drawing 1 is only a point which replaced with the maximum phase table 8 and adopted maximum phase attaching part 8'.

[0137] The maximum current phase to which this maximum phase attaching part 8' makes motor torque max in the inverter maximum output electrical potential difference at the time of the highest rotation is set up

beforehand.

[0138] Therefore, in this case, based on the maximum current phase from maximum phase attaching part 8', the phase limit section 9 restricts a phase command, and also the same operation as the synchronous motor control unit of drawing 1 can be attained.

[0139] Consequently, as compared with the maximum phase table 8, the configuration of maximum phase attaching part 8' can be simplified.

[0140] Moreover, when there is an enough electrical potential difference, torque is usually controlled by the current amplitude. And when it becomes high-speed rotation and an electrical potential difference becomes insufficient, in order to advance a current phase and to perform field-weaking control, it becomes the maximum electrical potential difference and the maximum phase at the time of the maximum load.

Therefore, if a limit of a phase is performed to the transient change at the time of the maximum electrical potential difference and the maximum phase, there are many satisfactory applications and they can restrict a phase only to the transient change at the time of the maximum electrical potential difference and the maximum phase by applying the synchronous motor control unit of this embodiment to these applications.

[0141] Drawing 6 is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0142] The points that this synchronous motor control device differs from the synchronous motor control device of drawing 1 are only the point that a maximum current phase and the minimum current phase just before the inverter output current serves as limiting value for every business torque adopted what was stored beforehand, and a point which contains further the torque presumption section 10 which presumes an output torque from the current amplitude and a current phase, and is supplied to the maximum phase table 8 as a maximum phase table 8.

[0143] Therefore, in this case, by the torque presumption section 10, an output torque is presumed from the current amplitude and a current phase, the maximum phase table 8 is supplied, and the current phase to which the output current in that torque is restricted is read from the maximum phase table 8. And when the phase limit section 9 restricts a phase command with the current phase, it can prevent un-arranging [that an output torque declines] because current limiting works by going too far of a current phase.

[0144] Consequently, a phase is controllable to the maximum extent, preventing a torque fall.

[0145] Drawing 7 is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0146] The point that this synchronous motor control device differs from the synchronous motor control device of drawing 1 is only a point which adopted what has the function to restrict the output current as a current control section 7 when the output current crosses a limitation, and the function which outputs the flag which shows that the limit of the output current was performed instead of forming the maximum phase table 8.

[0147] Therefore, by supplying the flag from the current control section 7 which shows in this case that the output current reached limiting value to the phase limit section 9, a current phase can be forbidden from overflowing more than it, and it can prevent un-arranging [that an output torque declines] because current limiting works from going too far of a current phase.

[0148] Consequently, a phase is controllable to the maximum extent, preventing a torque fall.

[0149] Drawing 8 is drawing showing an electrical potential difference and the torque-current phase characteristic at the time of current limiting.

[0150] In addition, this property is acquired about IPM to which the maximum electrical potential difference was set to 200V, and it set 20A and the maximum rotational speed to 120rps for maximum current.

[0151] and in the synchronous motor control unit (claim 2) of drawing 4 Time of 120rps ** and the line which passes along ** at the time of 70rps serve as a maximum current phase. In the synchronous motor control unit (claim 1) of drawing 1 It becomes what asked for the current phase of the synchronous motor control unit of drawing 4 for every electrical potential difference. In the synchronous motor control unit (claim 4) of drawing 5 ** Perpendicular Rhine along which it passes serves as a maximum current phase, and it becomes the range of a current phase where the Rhine outside of current-limiting 20Arms is restricted in drawing 6 or the synchronous motor control unit (claim 5) of drawing 7 .

[0152] Moreover, it is desirable to ask for these maximum current phases, to choose the maximum current phase of the smaller one among these, and to restrict a phase command, and a phase command can prevent becoming large beyond the need.

[0153] Drawing 9 is drawing explaining the phase of IPM of operation.

[0154] When it is [low-speed] under rotation and allowances are in inverter output voltage, a current phase is changed in order of $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$ with the increment in torque.

[0155] By the operating point of $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$, a field weakening is performed by advancing [inverter output voltage stops fully coming to pass a current] a phase, if, and torque is further generated by high-speed being under rotation by making a current value increase. For example, since the operating point of $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$ cannot be taken in the case of 70rps, the greatest torque which IPM has can be pulled out by controlling a current phase in order of $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$.

[0156] In a still more nearly high-speed field, the field where torque decreases conversely occurs in the field of under a current-limiting value by advancing a current phase (refer to right-hand side of θ of 120rps). In this field, since torque will decrease conversely if it is going to take out torque and a phase is advanced, maximum capacity of IPM cannot be demonstrated.

[0157] Then, the maximum torque which IPM has can be pulled out that what is necessary is just to give the maximum current phase shown by $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$ for every rotational frequency so that this field may not enter.

[0158] In addition, although the lower limit of a current phase is set up above on the maximum torque line, it is possible to set it as maximum-efficiency Rhine. However, since maximum efficiency is in nearly about 40 degrees, the lower limit of a current phase can also be set as a straight line (constant), and a configuration can be simplified.

[0159] Drawing 10 is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0160] The point that this synchronous motor control unit differs from the synchronous motor control unit of drawing 6 The point which contains further the minimum phase table 11 which considers the output torque from the torque presumption section 10 as an input, The point which adopts what outputs a maximum current phase as a maximum phase table 8 by considering the output torque and the detected rate from the torque presumption section 10 as an input, It replaces with the phase limit section 9. The maximum current phase from the maximum phase table 8, A current phase is computed by considering the electrical-potential-difference command from the minimum current phase and the current control section 7 from the minimum phase table 11 as an input. They are only the point which adopts phase calculation section 9' outputted as a phase command, the point which adopted what outputs a current amplitude command as the speed-control section 5, and the point which adopted what outputs a current command as the phase control section 6.

[0161] Since said minimum phase table 11 holds the torque-minimum current phase curve that the minimum current phase should be outputted, it outputs the corresponding minimum current phase by giving torque. Specifically, the torque-minimum current phase curve expressed with $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$ of drawing 9 is held. However, constant value can also be substituted.

[0162] Said maximum phase table 8 holds the maximum current phase by current limiting, and the maximum current phase for every rotational frequency under electrical-potential-difference constraint, and outputs the maximum current phase of the smaller one suitably by giving torque. Specifically, the maximum current phase by current limiting expressed with $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$ of drawing 9 and the maximum current phase for every rotational frequency under the electrical-potential-difference constraint expressed with $\theta \rightarrow \theta + \Delta\theta$ are held.

[0163] Said phase calculation section 9' carries out late phase control of the phase command, when the electrical-potential-difference command has not reached the maximum electrical potential difference, and when the maximum electrical potential difference is reached, it carries out phase leading control of the phase command. And as a result of late phase control, when it becomes the minimum current phase from the minimum phase table 11, late phase control is stopped and the minimum current phase from the minimum phase table 11 is considered as a phase command. On the contrary, as a result of phase leading control, when it becomes a maximum current phase from the maximum phase table 8, phase leading control is stopped and the maximum current phase from the maximum phase table 8 is considered as a phase command.

[0164] Therefore, the maximum current phase from the maximum phase table 8 and the minimum current phase from the minimum phase table 11 are supplied to phase calculation section 9' by presuming an output torque and supplying the maximum phase minimum phase table 8 and 11 by the torque presumption section 10, in this case, based on a current command.

[0165] In this phase calculation section 9', corresponding to whether the electrical-potential-difference command has reached between the maximum current phase and the minimum current phase at the maximum electrical potential difference, phase leading control or late phase control is performed, and a phase

command is outputted.

[0166] And based on the phase command outputted, the same operation as the synchronous motor control unit of drawing 6 R> 6 can be attained.

[0167] Consequently, a current phase can be set as the value between a maximum current phase and the minimum current phase, and a synchronous motor can be controlled.

[0168] Drawing 11 is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0169] The point that this synchronous motor control unit differs from the synchronous motor control unit of drawing 10 The point which adopts what outputs a maximum current phase by considering only the rate detected as a maximum phase table 8 as an input, As phase calculation section 9', and the maximum current phase from the maximum phase table 8, It is only the point which adopts what computes a current phase by considering the current command from the minimum current phase from the minimum phase table 11, and the phase control section 6, and the electrical-potential-difference command from the current control section 7 as an input, and is outputted as a phase command.

[0170] Said maximum phase table 8 holds only the maximum current phase for every rotational frequency under electrical-potential-difference constraint.

[0171] Said phase calculation section 9' performs late phase control at the time of a limit of the current phase by the maximum current phase, and also attains the same operation as phase calculation section 9' of drawing 10.

[0172] Therefore, also in this case, a current phase can be set as the value between a maximum current phase and the minimum current phase, and a synchronous motor can be controlled.

[0173] It is desirable to drive the compressor for air conditioners by the synchronous motor controlled by which the aforementioned synchronous motor control unit.

[0174] In this case, with a refrigerant, a synchronous motor is cooled and, moreover, remarkable high cooling effectiveness can be attained. Therefore, the limitation of the capacity of a synchronous motor can be pulled out, without taking into consideration especially heat dissipation of a synchronous motor.

[0175] Moreover, when driving the compressor for air conditioners by IPM, it is desirable to set the upper limit of a current phase as 60 - 80 abbreviation.

[0176] Drawing 12 is drawing showing the operation area of the compressor for air conditioners.

[0177] In the compressor for air conditioners, operation by super-low ** and operation with a high-speed heavy load are unnecessary, and fixed torque is searched for at the other rotational frequency. For this reason, the maximum current limiting is not started at the time of low r.p.m. operation. Moreover, a maximum torque current phase is not started at the time of medium-speed rotation.

[0178] Therefore, by setting the upper limit of a current phase as the maximum torque current phase near a maximum engine speed, the maximum capacity of IPM can be pulled out and the compressor for air conditioners can be operated.

[0179] Drawing 13 is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0180] The points that this synchronous-motor control unit differs from the synchronous-motor control unit of drawing 11 are only the point which adopted what has further the function which outputs the command which makes a rate hang a condition [having arrive at the current limitation and the phase limitation as phase calculation section 9'], and the point which contain further the subtraction section 5 a which subtracts a rate suspension command from the rate command give from the outside, and supplies to the speed-control section 5.

[0181] In this case, a rate suspension command can be outputted from phase calculation section 9' a condition [having arrived at the current limitation and the phase limitation], and a rate command can be decreased by subtraction section 5a.

[0182] And based on the decreased rate command, the same operation as the synchronous motor control unit of drawing 11 can be attained.

[0183] Consequently, a synchronous motor is driven to a current limitation and below a phase limitation, and emission of a control system can be prevented.

[0184] Furthermore, it explains.

[0185] When not performing rate suspension control at all, if a current limitation and a phase limitation are arrived at and a current and a phase are only restricted only for a moment, a synchronous motor may be able to be driven that there is nothing inconvenient in any way. However, regularly, if it is in a current and the

situation that a phase is restricted, a phase error and a current error will be accumulated in the internal state of controllers, such as a PI control machine, and will produce un-arranging, such as emission of a PI control machine. Moreover, it produces un-arranging [of originating in the ability of the business torque which a speed-control system requires not being generated, and also emitting the controller of a speed-control system].

[0186] However, if the synchronous motor control unit of drawing 13 is adopted, it can prevent beforehand that perform rate suspension control and a current and a phase are restricted, and emission of a controller can also be prevented.

[0187] Drawing 14 is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0188] The speed-control section 5 which this synchronous motor control unit considers the difference of the rate command and detection rate which are given from the outside as an input, performs a PI control operation, and outputs a current amplitude command, The phase control section 6 which performs phase control by considering a current amplitude command as an input, and outputs a current command, The current limiting section 23 which performs current limiting by considering a current command as an input, and the current control section 7 which performs a PI control operation by considering the difference of the current command from the current limiting section 23, and a motor current as an input, and outputs an electrical-potential-difference command, The noninterfering section 25 which performs noninterfering processing by considering this electrical-potential-difference command as an input, and outputs d shaft electrical-potential-difference command and q shaft electrical-potential-difference command, The d-q-> three-phase-circuit transducer 26 changed into a three-phase-circuit electrical-potential-difference command based on the Rota location by considering d shaft electrical-potential-difference command and q shaft electrical-potential-difference command as an input, The dead-time compensation section 27 which performs dead-time compensation by considering a three-phase-circuit electrical-potential-difference command as an input, The duty limit section 28 which performs a duty limit by considering the three-phase-circuit electrical-potential-difference command after dead-time compensation as an input, and outputs a three-phase-circuit electrical-potential-difference command, The inverter 2 which makes a control signal the three-phase-circuit electrical-potential-difference command from the duty limit section 28, generates three-phase-circuit alternating voltage, and is impressed to a synchronous motor 3, Electrical-potential-difference detecting-element 3b which detects an electrical potential difference based on the Rota location by considering the three-phase-circuit electrical-potential-difference command from the duty limit section 28 as an input, The location and the speed detector 4 which presumes the Rota location and a rate based on the motor model set up beforehand are included by considering as an input current detecting-element 3a which detects a motor current based on the Rota location, and the electrical potential difference and motor current which were detected.

[0189] The multiplication of the constant K2 will be carried out by the constant K2 section 34, and said duty limit section 28 will output an electrical-potential-difference exaggerated value that the phase control section 6 should be supplied as a phase leading command, if the output voltage of an inverter 2 reaches a limitation.

[0190] A current command judges whether it is beyond a current limitation, and said current limiting 23 answers that the current command beyond a current limitation was supplied, it reduces current values to a current limitation, with the phase of a current command held, and outputs I term limit command that the internal-state integral term (I term is called hereafter) of the speed-control section 5 should moreover be fixed to the value before a current command reaches an upper limit.

[0191] Said phase control section 6 will stop phase leading, if it answers that the phase leading command was supplied, phase leading control of the current phase is carried out and a current phase reaches an upper limit, and it outputs I term limit command that the internal-state I term of the speed-control section 5 should be fixed to the value before a current phase reaches an upper limit.

[0192] Drawing 15 is the block diagram showing the configuration of the phase control section in a detail.

[0193] Phase control section 22a which answers that the phase leading command is not supplied, performs late phase control, and outputs a phase command while performing phase leading control based on a phase leading command, While detecting phase minimum section 22b by which a phase command detects having reached the phase lower limit, and supplies a late phase control halt command to phase control section 22a, and that the phase command reached the phase upper limit and supplying a phase leading control halt command to phase control section 22a 22d of the cos sections which obtain phase upper limit section 22c which outputs I term limit command, and the cos component of a phase command, It has the 22g of the 2nd

multiplication sections which carry out the multiplication of the 22f of the 1st multiplication sections which carry out the multiplication of sin section 22e which obtains the sin component of a phase command, and a cos component and a current amplitude command, and output q shaft current command, and a sin component and a current amplitude command, and output d shaft current command.

[0194] The operation of the synchronous motor control unit of the above-mentioned configuration is as follows.

[0195] Speed control, phase control, current control, etc. are performed until the output voltage of an inverter 2 reaches a limitation with the increment in an engine speed of a synchronous motor 3, an inverter 2 is controlled, and the engine speed of a synchronous motor 3 is made to increase.

[0196] And since a phase leading command is supplied to the phase control section 6 from the duty limit section 28 when the output voltage of an inverter 2 reaches a limitation with the increment in an engine speed of a synchronous motor 3, phase leading control is performed in the phase control section 6, and a current phase is advanced.

[0197] When a current phase reaches an upper limit, while outputting a phase leading control halt command from phase upper limit section 22c and stopping phase leading control, I term limit command is outputted and I term (integral term) is fixed to a value just before a current phase reaches an upper limit among the internal states in the speed-control section 5.

[0198] Moreover, when a current command becomes beyond a current limitation, while reducing current values to a current limitation in the current limiting section 23, with a current phase held, I term limit command is outputted and I term is fixed to a value just before a current value reaches a current limitation among the internal states in the speed-control section 5.

[0199] Consequently, emission of the speed-control section can be prevented and stable control of a synchronous motor can be realized.

[0200] Drawing 16 is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0201] The point that this synchronous motor control unit differs from the synchronous motor control unit of drawing 13 The point which adopts what detects the Rota location and a rate, using a motor model as a location and a speed detector 4, The point which adopts multiplication section 12a which outputs the current command which should replace with the phase control section 6, should carry out the multiplication of the wave generating section 12, and the current command and the wave pattern which generates the wave pattern which superimposed the harmonic component of arbitration according to the Rota location, and should be supplied to the current control section 7, And it is only the point which contains further the voltage limiter 13 which clips the electrical-potential-difference command from the current control section 7 on an inverter output marginal electrical potential difference.

[0202] If it is this synchronous motor control unit, since the wave pattern with which the wave generating section 12 superimposed the harmonic component of arbitration according to the Rota location will be outputted, an electrical-potential-difference command is outputted by superimposing on a current command and supplying the current control section 7.

[0203] If this electrical-potential-difference command is below an inverter output marginal electrical potential difference, an inverter 3 can be supplied as it is, but if larger than an inverter output marginal electrical potential difference, it will clip on an inverter output marginal electrical potential difference by the voltage limiter 13, and an inverter 3 will be supplied.

[0204] And if an electrical-potential-difference command clips, even if output voltage approaches a square wave and is the same output marginal electrical potential difference, a fundamental-wave component can be enlarged, and high-speed rotation can be enabled. MEKANOIZU becomes large rather than a motor noise, and silence of a motor stops having semantics not much in such a high-speed region.

[0205] In this embodiment, in order to bring a voltage waveform close to a square wave, it is also possible to give the property which carries out asymptotic to an output marginal electrical potential difference. Moreover, even if it is waves other than a square wave, the same operation can be attained by adopting a wave with a high electrical-potential-difference utilization factor.

[0206] Furthermore, since the harmonic component of arbitration can be superimposed and it can consider as a free wave, silence etc. can be attained in a low-speed area (refer to Institute of Electrical Engineers of Japan industrial application section national conference in Heisei 7 besides the current wave form optimization technology in a brushless DC motor", and a spline by butterfly). Here, if this wave is set as a sine wave, since a harmonic component will become only a fundamental wave, the noise and vibration by

the higher harmonic can be suppressed easily.

[0207] Among drawing 17 , (A) is drawing showing the condition of having set the electrical-potential-difference command below to the inverter output marginal electrical potential difference, and the fundamental-wave component has also become below an inverter output marginal electrical potential difference.

[0208] On the other hand, among drawing 17 , (B) is drawing showing the condition of having set up the electrical-potential-difference command more greatly than an inverter output marginal electrical potential difference, and is taken as the output voltage wave near a square wave by clipping an electrical-potential-difference command by the voltage limiter 13. Consequently, as compared with the case of (A), a fundamental-wave component can be enlarged among drawing 17 .

[0209] In addition, among drawing 17 , although both (A) and (B) show the case of single phase for simplification of explanation, they can be expressed similarly [in the case of a three phase circuit].

[0210] Drawing 18 is drawing showing the observation result {(A) Reference} of the operating range by the synchronous motor control unit of drawing 16 , and the simulation result {refer to [of the operating range by (B) reference} and the synchronous motor control unit which does not use a voltage limiter / simulation result {(C) }} of the operating range by the synchronous motor control unit of drawing 16 .

[0211] An operating range is expandable to a high-speed side by preparing a voltage limiter so that drawing 18 may show.

[0212] A compressor can be driven by the synchronous motor controlled by the synchronous motor control unit of drawing 16 from drawing 13 .

[0213] Generally, although a compressor needs to pose a problem and the noise and vibration moreover need to drive it to a high speed, while being able to reduce the noise and vibration by adopting the synchronous motor control unit of drawing 16 from drawing 13 , it can drive to a high speed.

[0214] Drawing 19 is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0215] The speed-control section 5 which this synchronous motor control unit considers the difference of the rate command and detection rate which are given from the outside as an input, performs a PI control operation, and outputs a current amplitude command, While performing phase control by considering a current amplitude command as an input and outputting a current command (d shaft current command and q shaft current command) The phase control section 6 which outputs a phase exaggerated value (exaggerated value on the basis of a marginal phase), The current control section 7 which performs a PI control operation by considering the difference of a current command and a motor current as an input, and outputs an electrical-potential-difference command (d shaft electrical-potential-difference command and q shaft electrical-potential-difference command), The electrical-potential-difference excess detector 35 which detects an electrical-potential-difference excess condition by considering this electrical-potential-difference command as an input, The d-q-> three-phase-circuit transducer 26 changed into a three-phase-circuit electrical-potential-difference command based on the Rota location by considering d shaft electrical-potential-difference command and q shaft electrical-potential-difference command as an input, The duty limit section 28 which performs a duty limit by considering a three-phase-circuit electrical-potential-difference command as an input, and outputs a three-phase-circuit electrical-potential-difference command, The inverter 2 which makes a control signal the three-phase-circuit electrical-potential-difference command from the duty limit section 28, generates three-phase-circuit alternating voltage, and is impressed to a synchronous motor 3, Electrical-potential-difference detecting-element 3b which detects an electrical potential difference based on the Rota location by considering the three-phase-circuit electrical-potential-difference command from the duty limit section 28 as an input, Current detecting-element 3a which detects a motor current based on the Rota location, and location detecting-element 33' which presumes the Rota location and a rate by considering the electrical potential difference and motor current which were detected as an input are included.

[0216] In order to **** to a transitional high current as said duty limit section 28 and to prevent emission of the current control section 7, it is possible to answer to have performed the duty limit, and to constitute so that I term limit command may be outputted that the internal-state I term of the current control section 7 should be fixed to the value before an electrical-potential-difference command reaches an upper limit.

[0217] Said phase control section 6 also outputs a phase exaggerated value (exaggerated value on the basis of a marginal phase), and decreases the rate command given from the outside by supplying the value in which multiplication was carried out by the constant K3 section 36 in the constant K3 to the subtraction

section 37. Therefore, when a current phase exceeds a marginal phase by phase leading control, the multiplication of the constant K3 can be carried out to a phase exaggerated value, it can be made to be able to subtract from a rate command, and emission of a control system can be prevented.

[0218] In the synchronous motor control unit of the above-mentioned configuration, based on the speed difference, speed control 21 generates a current amplitude command, by the phase control section 6, phase control is performed and a current command is generated.

[0219] And based on the difference of the current command from the phase control section 6, and the detected motor current, an electrical-potential-difference command is generated and motor output voltage is controlled by the current control section 7.

[0220] If rotational speed increases, motor induced voltage rises and an inverter output marginal electrical potential difference is reached, an inverter 2 cannot output completely the electrical-potential-difference command which the current control section 7 outputs, but output voltage will be clamped for duty exceeding 100% at the peak of output voltage.

[0221] However, when only the peak of output voltage is clamped and duty does not exceed 100%, armature-voltage control is possible. Even if it does not emit the current control section 7 immediately and output voltage consists square wave-like of this, current control can be performed on the average.

[0222] Consequently, the amplitude of inverter output voltage becomes large, and a motor current is controllable even if it is the case where an electrical-potential-difference clamp takes place.

[0223] The conventional synchronous motor control unit is shown in drawing 20 that it should contrast with the synchronous motor control unit of drawing 19.

[0224] Converter 1a which the synchronous motor control device of drawing 20 considers AC power supply 1 as an input, and outputs direct current power, The inverter 2 which outputs alternating current power by considering direct current power as an input, and is supplied to a synchronous motor 3, Current detecting-element 3a which detects a motor current, and electrical-potential-difference detecting-element 3b which detects a motor electrical potential difference, The location and the speed detector 4 which detects the Rota location and a rate by considering a motor current and a motor electrical potential difference as an input, The rate command given from the outside, and the speed-control section 5 which controls the speed by considering the Rota location from a location and a speed detector 4, and a rate as an input, and outputs a current command or an electrical-potential-difference command, The current control section 7 which performs current control by considering the current command from the speed-control section 5, and a motor current as an input, and outputs an electrical-potential-difference command, While clipping on an inverter output marginal electrical potential difference by considering as an input the electrical-potential-difference command chosen by the selection section 15 which chooses the electrical-potential-difference command from the speed-control section 5, or the electrical-potential-difference command from the current control section 7, and the selection section 15 A change-over judging is performed by considering a voltage saturation signal as an input with the voltage limiter 13 which outputs a voltage saturation signal, and the change-over judging section 14 which supplies a change-over signal to the speed-control section 5 and the selection section 15 is included.

[0225] in this synchronous motor control device, while having a current control loop, until [inverter output voltage full] use is carried out, in performing control to which an electrical-potential-difference clamp takes place, actuation of a current control minor loop is stopped at the time of an electrical-potential-difference clamp, and armature-voltage control is performed.

[0226] Therefore, a motor current cannot be controlled when an electrical-potential-difference clamp takes place. Consequently, when a current increases according to disturbance etc. at the time of an electrical-potential-difference clamp, current control cannot be performed but un-arranging [that a synchronous motor and an inverter will be destroyed] arises.

[0227] As by contrasting with the synchronous motor control unit of drawing 20 shows, even if it is the case where a current increases according to disturbance etc. by adopting the synchronous motor control unit of drawing 19 at the time of an electrical-potential-difference clamp, current control can be performed and destruction of a synchronous motor or an inverter can be prevented.

[0228] Drawing 21 is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0229] The speed-control section 5 which this synchronous motor control unit considers the difference of the rate command and detection rate which are given from the outside as an input, performs a PI control operation, and outputs a current amplitude command, The phase control section 6 which performs phase

control by considering a current amplitude command as an input, and outputs a current command, The current excess detector 38 which detects a current excess condition by considering a current command as an input, and outputs a current exaggerated value, The current limiting 23 which restricts a current when it corresponds considering the current command from the current excess detector 38 as an input, The current control section 7 which performs a PI control operation by considering the difference of the current command from the current limiting section 23, and a motor current as an input, and outputs an electrical-potential-difference command, The noninterfering section 25 which performs noninterfering processing by considering this electrical-potential-difference command as an input, and outputs d shaft electrical-potential-difference command and q shaft electrical-potential-difference command, The electrical-potential-difference excess detector 35 which detects an electrical-potential-difference excess condition by considering d shaft electrical-potential-difference command and q shaft electrical-potential-difference command as an input, and outputs an electrical-potential-difference exaggerated value, The overmodulation gain amendment section 39 which performs amendment based on overmodulation gain by considering d shaft electrical-potential-difference command from the electrical-potential-difference excess detector 35, and q shaft electrical-potential-difference command as an input, The d-q-> three-phase-circuit transducer 26 changed into a three-phase-circuit electrical-potential-difference command based on the Rota location by considering d shaft electrical-potential-difference command from the overmodulation gain amendment section 39, and q shaft electrical-potential-difference command as an input, The dead-time compensation section 27 which performs dead-time compensation by considering a three-phase-circuit electrical-potential-difference command as an input, The duty limit section 28 which performs a duty limit by considering the three-phase-circuit electrical-potential-difference command after dead-time compensation as an input, and outputs a three-phase-circuit electrical-potential-difference command, The inverter 2 which makes a control signal the three-phase-circuit electrical-potential-difference command from the duty limit section 28, generates three-phase-circuit alternating voltage, and is impressed to a synchronous motor 3, Electrical-potential-difference detecting-element 3b which detects an electrical potential difference based on the Rota location by considering the three-phase-circuit electrical-potential-difference command from the duty limit section 28 as an input, The location and the speed detector 4 which presumes the Rota location and a rate based on the motor model set up beforehand are included by considering as an input current detecting-element 3a which detects a motor current based on the Rota location, and the electrical potential difference and motor current which were detected.

[0230] Said electrical-potential-difference excess detector 35 detects the degree (for example, phase voltage after the phase voltage command / clamp before a clamp) of an overmodulation, and the multiplication of the constant K2 is carried out by the constant K2 section 34, and it outputs an electrical-potential-difference exaggerated value that the phase control section 6 should be supplied as a phase leading command.

[0231] A current command judges whether it is beyond a current limitation, and said current limiting 23 answers that the current command beyond a current limitation was supplied, it reduces current values to a current limitation, with the phase of a current command held, and outputs I term limit command that the internal-state I term of the speed-control section 5 should moreover be fixed to the value before a current command reaches an upper limit.

[0232] Said duty limit section 28 outputs I term limit command that it should fix to the value before it answers that duty was restricted (for example, thing which duty attained to 100%) and an electrical potential difference reaches an upper limit in the internal-state I term of the current control section 7.

[0233] Said phase control section 6 will stop phase leading, if it answers that the phase leading command was supplied, phase leading control of the current phase is carried out and a current phase reaches an upper limit, and the multiplication of the constant K3 is carried out by the constant K3 section 36, and it outputs a phase exaggerated value that the subtraction section 37 should be supplied as a moderation command. Specifically, the configuration shown in drawing 15 constitutes the phase control section 6.

[0234] It answers having detected the current excess condition, the multiplication of the constant K1 is carried out by the constant K1 section 40, and said current excess detector 38 outputs a current exaggerated value that the subtraction section 37 should be supplied as a moderation command.

[0235] When the synchronous motor control unit of this configuration is adopted In while performing speed control by the speed-control section 5, phase control by the phase control section 6, and current control by the current control section 7, controlling an inverter 2 and driving the synchronous motor 3 Since an electrical-potential-difference command is clamped when the electrical-potential-difference command

exceeding an inverter output marginal electrical potential difference is supplied to the duty limit section 28, the electrical-potential-difference command outputted falls. However, in this synchronous motor control unit, reduction of the torque which can compensate the fall of an electrical-potential-difference command, as a result originates in the fall of an electrical-potential-difference command by the overmodulation gain amendment section 39 since a voltage swing is amplified that the fall of the electrical-potential-difference command by the clamp should be compensated can be compensated.

[0236] When the output wave for example, before a clamp is a sine wave, the electrical-potential-difference correction factor in said overmodulation gain amendment section 39 is set up as shown in drawing 22. For example, although an electrical-potential-difference correction factor may be given as a table, the formula showing an electrical-potential-difference correction factor may be given.

[0237] Therefore, the electrical-potential-difference command after amendment can be obtained by choosing an electrical-potential-difference correction factor according to a command electrical potential difference, and carrying out multiplication to a command electrical potential difference.

[0238] In addition, in the case of single phase, the electrical-potential-difference correction factor shown in drawing 22 corresponds, and is obtained by plotting the ratio of the fundamental wave of a command electrical potential difference, and the fundamental wave after a clamp. Of course, it is easily computable similarly about the case of a three phase circuit.

[0239] Drawing 23 is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[0240] The point that this synchronous motor control unit differs from the synchronous motor control unit of drawing 21 is only a point which adopted location detecting-element 33' which replaces with the point of having omitted the noninterfering section 25, the overmodulation gain amendment section 39, and the dead-time compensation section 27, and the observer section 33, and detects the Rota location and a rate by considering a motor current and a motor electrical potential difference as an input.

[0241] When the synchronous motor control unit of this configuration is adopted, while performing speed control by the speed-control section 5, phase control by the phase control section 6, and current control by the current control section 7, controlling an inverter 2 and driving the synchronous motor 3, with the electrical-potential-difference excess detector 35, the degree of an overmodulation is detected and it feeds back to the phase control section 6 through the constant K2 section 34.

[0242] And in the phase control section 6, when the degree of an overmodulation is lower than a predetermined value, a current phase is delayed. Finally it is ordered desired current phases, such as a current phase corresponding to the maximum effectiveness, the maximum torque, etc. Conversely, the degree of an overmodulation can be made into a desired value by advancing a current phase, when the degree of an overmodulation is beyond a predetermined value, lowering motor induced voltage by field-weaking control, and lowering the degree of an overmodulation.

[0243] Moreover, it is desirable to adopt IPM as a synchronous motor controlled by drawing 19, drawing 21, or the synchronous motor control unit of drawing 23. In this case, the inductance of IPM is large and field-weaking control can be performed effectively.

[0244] Furthermore, it is desirable to drive a compressor by the synchronous motor controlled by drawing 19, drawing 21, or the synchronous motor control unit of drawing 23.

[0245] In order to think effectiveness as important in a compressor from the former, there is a demand of wanting to use inverter output voltage to a limitation. For this reason, the synchronous motor was conventionally driven by armature-voltage control.

[0246] Generally, in the compressor for the object for air conditioners, or refrigerators, rapid load increase takes place by inhalation of liquid cooling intermediation etc. And if current control is omitted at this time, the danger that a synchronous motor and an inverter will be damaged by the excessive current is high. In order to cancel such un-arranging, protection by hardware is performed conventionally, but in this case, a compressor stops completely at the time of an overcurrent, a reboot takes time amount, and since temperature control etc. is impossible in the meantime, the amenity etc. will be spoiled.

[0247] However, if the synchronous motor control unit of drawing 23 is adopted, since a synchronous motor can be driven to a limitation using an inverter electrical potential difference, being able to perform current control, consequently preventing breakage of a synchronous motor and an inverter, also when above, the fall of the amenity by halt of a compressor etc. can be prevented beforehand.

[0248]

[Effect of the Invention] In order to advance a current phase in order that invention of claim 1 may pull up

the maximum rotational speed, to control a rate, when operating an electrical-potential-difference phase or a current phase, If control near the maximum torque which can generate a synchronous motor can be performed, it can make the most of an electrical potential difference and a current while being able to prevent generating of a trip beforehand moreover, and it pulls The characteristic effectiveness that the maximum effectiveness by a miniaturization and the optimal tuning of a synchronous motor is realizable is done so.

[0249] Invention of claim 2 can control a synchronous motor using the upper limit of the current phase set up for every rate. While being able to hold the current phase at the time of the field-weaking control at the time of a high speed below to a upper limit and being able to prevent generating of a trip beforehand moreover It can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable is done so.

[0250] Invention of claim 3 does so the same effectiveness as claim 1 or claim 2.

[0251] Invention of claim 4 can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable while it simplifies processing and can prevent generating of a trip beforehand.

[0252] Invention of claim 5 can prevent a torque fall, moreover, can control a current phase to the maximum extent, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable.

[0253] Invention of claim 6 can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable while it can prevent generating of a trip beforehand by restricting a current phase by the selected upper limit.

[0254] Invention of claim 7 can control a current phase to the phase between a lower limit and a upper limit, and also does so the same effectiveness as any of claim 1 to claim 6 they are.

[0255] Invention of claim 8 does so the same effectiveness as any of claim 1 to claim 7 they are, without being able to cool the synchronous motor to which generation of heat becomes large at the time of field-weaking control, and taking into consideration especially heat dissipation of a synchronous motor with a refrigerant.

[0256] Invention of claim 9 can pull out the maximum capacity of a permanent magnet motor, can realize a good controllability, and, moreover, does so the same effectiveness as claim 8.

[0257] Invention of claim 10 drives a permanent magnet motor to a current limitation and below a phase limitation, can prevent emission of a control system, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable.

[0258] Invention of claim 11 can prevent emission of a speed-control system, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable.

[0259] Invention of claim 12 can attain expansion of a high-speed operating range while being able to attain silence in a low-speed area by adjusting a voltage waveform suitably, and also it does so the same effectiveness as claim 10 or claim 11.

[0260] Invention of claim 13 can control the noise by the higher harmonic, and vibration easily, and also does so the same effectiveness as claim 12.

[0261] Invention of claim 14 can attain sufficient expansion of a high-speed operating range, and also does so the same effectiveness as claim 12 or claim 13.

[0262] Invention of claim 15 can be driven to a high speed while it can reduce the noise and vibration, and also it does so the same effectiveness as any of claim 10 to claim 14 they are.

[0263] Invention of claim 16 can control a motor current, also when a current increases according to disturbance etc. at the time of voltage limiting, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness

by the optimal tuning are realizable.

[0264] Invention of claim 17 does so the same effectiveness as claim 16.

[0265] Invention of claim 18 can continue holding the torque in front of current limiting, and also does so the same effectiveness as claim 16 or claim 17.

[0266] Invention of claim 19 does so the same effectiveness as claim 18.

[0267] Invention of claim 20 can prevent that the degree of an overmodulation becomes large too much, and also does so the same effectiveness as any of claim 16 to claim 19 they are.

[0268] Invention of claim 21 can use a field weakening operation effectively, and also does so the same effectiveness as any of claim 9 to claim 20 they are.

[0269] Even if invention of claim 22 is the case where rapid load increase takes place, it can prevent a synchronous motor and the overcurrent which brings about breakage of an inverter, and also it does so the same effectiveness as any of claim 16 to claim 21 they are.

[0270] In order to advance a current phase in order that invention of claim 23 may pull up the maximum rotational speed, or to control a rate, when operating an electrical-potential-difference phase or a current phase, If control near the maximum torque which can generate a synchronous motor can be performed, it can make the most of an electrical potential difference and a current while being able to prevent generating of a trip beforehand moreover, and it pulls The characteristic effectiveness that the maximum effectiveness by a miniaturization and the optimal tuning of a synchronous motor is realizable is done so.

[0271] Invention of claim 24 can control a synchronous motor using the upper limit of the current phase set up for every rate. While being able to hold the current phase at the time of the field-weaking control at the time of a high speed below to a upper limit and being able to prevent generating of a trip beforehand moreover It can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable is done so.

[0272] Invention of claim 25 does so the same effectiveness as claim 23 or claim 24.

[0273] Invention of claim 26 can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable while it simplifies a configuration and can prevent generating of a trip beforehand.

[0274] Invention of claim 27 can prevent a torque fall, moreover, can control a current phase to the maximum extent, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable.

[0275] Invention of claim 28 can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable while it can prevent generating of a trip beforehand by restricting a current phase by the selected upper limit.

[0276] Invention of claim 29 can control a current phase to the phase between a lower limit and a upper limit, and also does so the same effectiveness as any of claim 23 to claim 28 they are.

[0277] Invention of claim 30 does so the same effectiveness as any of claim 23 to claim 29 they are, without being able to cool a synchronous motor and taking into consideration especially heat dissipation of a synchronous motor with a refrigerant.

[0278] Invention of claim 31 can pull out the maximum capacity of a permanent magnet motor, can realize good operational characteristics, and, moreover, does so the same effectiveness as claim 30.

[0279] Invention of claim 32 drives a permanent magnet motor to a current limitation and below a phase limitation, can prevent emission of a control system, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable.

[0280] it is said that invention of claim 33 can make the most of an electrical potential difference and a current, as a result can realize miniaturization of a synchronous motor, and the maximum effectiveness by the optimal tuning while it can prevent emission of a speed-control system and can prevent generating of a trip beforehand -- characteristic -- or is done so like this.

[0281] Invention of claim 34 can attain expansion of a high-speed operating range while being able to attain

silence in a low-speed area by adjusting a voltage waveform suitably, and also it does so the same effectiveness as claim 32 or claim 33.

[0282] Invention of claim 35 can control the noise by the higher harmonic, and vibration easily, and also does so the same effectiveness as claim 34.

[0283] Invention of claim 36 can attain sufficient expansion of a high-speed operating range, and also does so the same effectiveness as claim 34 or claim 35.

[0284] Invention of claim 37 can be driven to a high speed while it can reduce the noise and vibration, and also it does so the same effectiveness as any of claim 32 to claim 36 they are.

[0285] Invention of claim 38 can control a motor current, also when a current increases according to disturbance etc. at the time of voltage limiting, it can make the most of an electrical potential difference and a current while it can moreover prevent generating of a trip beforehand, as a result it does so the characteristic effectiveness that the miniaturization of a synchronous motor and the maximum effectiveness by the optimal tuning are realizable.

[0286] Invention of claim 39 does so the same effectiveness as claim 38.

[0287] Invention of claim 40 can continue holding the torque in front of current limiting, and also does so the same effectiveness as claim 38 or claim 39.

[0288] Invention of claim 41 does so the same effectiveness as claim 40.

[0289] Invention of claim 42 can prevent that the degree of an overmodulation becomes large too much, and also does so the same effectiveness as any of claim 38 to claim 41 they are.

[0290] Invention of claim 43 can use a field weakening operation effectively, and also does so the same effectiveness as any of claim 31 to claim 42 they are.

[0291] Even if invention of claim 44 is the case where rapid load increase takes place, it can prevent a synchronous motor and the overcurrent which brings about breakage of an inverter, and also it does so the same effectiveness as any of claim 38 to claim 43 they are.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing one embodiment of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the current phase-torque characteristic of IPM at the time of a motor current clamp.

[Drawing 3] It is drawing showing the current phase-torque characteristic at the time of a voltage clamp.

[Drawing 4] It is the block diagram showing other embodiments of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 5] It is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing an electrical potential difference and the torque-current phase characteristic at the time of current limiting.

[Drawing 9] It is drawing explaining the phase of IPM of operation.

[Drawing 10] It is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 11] It is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 12] It is drawing showing the operation area of the compressor for air conditioners.

[Drawing 13] It is the block diagram showing the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 14] It is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 15] It is the block diagram showing the configuration of the phase control section in a detail.

[Drawing 16] It is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 17] They are drawing showing the condition of having set the electrical-potential-difference command below to the inverter output marginal electrical potential difference, and drawing showing the condition of having set up the electrical-potential-difference command more greatly than an inverter output marginal electrical potential difference.

[Drawing 18] It is drawing showing the observation result of the operating range by the synchronous motor control unit of drawing 16 , the simulation result of the operating range by the synchronous motor control unit of drawing 16 , and the simulation result of the operating range by the synchronous motor control unit which does not use a voltage limiter.

[Drawing 19] It is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 20] It is the block diagram showing the conventional synchronous motor control device.

[Drawing 21] It is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Drawing 22] It is drawing showing an example of the electrical-potential-difference correction factor-command voltage characteristic.

[Drawing 23] It is the block diagram showing the important section of the embodiment of further others of the synchronous motor control device of this invention.

[Description of Notations]

2 Inverter 3 Synchronous Motor

5 Speed-Control Section 5a Subtraction Section

6 Phase Control Section 7 Current Control Section

8 The Maximum Phase Table 8' The Maximum Phase Attaching Part

9 Phase Limit Section 9' Phase Calculation Section

11 Minimum Phase Table 12 Wave Generating Section

12a Multiplication section 13 Voltage limiter

35 Electrical-Potential-Difference Excess Detector 39 Overmodulation Gain Amendment Section

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-142483

(P2002-142483A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	チークト [*] (参考)	
H 0 2 P 6/06		H 0 2 P 7/63	3 0 3 V	5 H 5 6 0
21/00		6/02	3 4 1 C	5 H 5 7 6
7/63	3 0 3	5/408	C	

審査請求 未請求 請求項の数44 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2000-336791 (P2000-336791)

(22) 出願日 平成12年11月6日 (2000.11.6)

(71) 出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72) 発明者 前田 敏行

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

株式会社ダイキン空調技術研究所内

(72) 発明者 小坂 学

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

株式会社ダイキン空調技術研究所内

(74) 代理人 100087804

弁理士 津川 友士

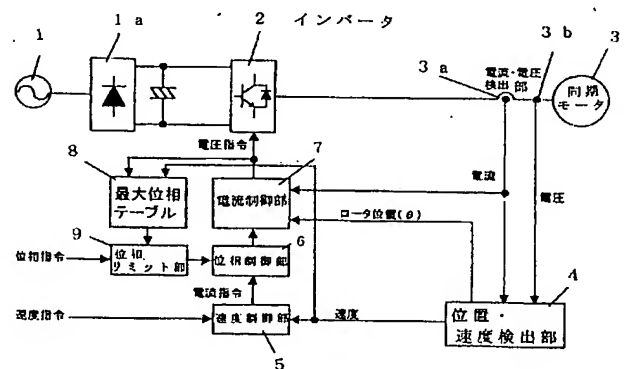
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同期モータ制御方法およびその装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 トリップの発生を未然に防止するとともに、電圧、電流を最大限に利用し、同期モータの小型化、および最大効率を実現する。

【解決手段】 モータ電流、モータ電圧に基づいて同期モータ3の回転子の回転位置および回転速度を出力する位置・速度検出部4と、位置・速度検出部4からの速度および外部から与えられる速度指令を入力として速度制御を行い、電流指令を出力する速度制御部5と、電流指令および外部から与えられる位相指令を入力として電流振幅指令を出力する位相制御部6と、電流振幅指令、モータ電流、および回転位置を入力として電圧指令を出力し、インバータ2に供給する電流制御部7と、位置・速度検出部4からの速度および電圧指令を入力として、該当する最大電流位相を出力する最大位相テーブル8と、位相制御部6に供給されるべく位相指令を最大電流位相に基づいて制限する位相リミット部9とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インバータ (2) の出力電圧を同期モータ (3) に供給することにより同期モータ (3) を制御する同期モータ制御方法において、

電流位相の上限値を、各瞬時毎に、その時のインバータ出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 2】 インバータ (2) の出力電圧を同期モータ (3) に供給することにより同期モータ (3) を制御する同期モータ制御方法において、

電流位相の上限値を、各回転数毎に、インバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 3】 電流位相の上限値を、少なくとも回転数に応答して変化させる請求項 1 または請求項 2 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 4】 インバータ (2) の出力電圧を同期モータ (3) に供給することにより同期モータ (3) を制御する同期モータ制御方法において、

電流位相の上限値を、最高速回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 5】 インバータ (2) の出力電圧を同期モータ (3) に供給することにより同期モータ (3) を制御する同期モータ制御方法において、

電流位相の制限値を、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限されることになる最大位相、および最小位相、もしくはこれらの近傍に設定することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 6】 インバータ (2) の出力電圧を同期モータ (3) に供給することにより同期モータ (3) を制御する同期モータ制御方法において、

電流位相の上限値を、各瞬時毎に、請求項 1、請求項 2、請求項 4、請求項 5 により設定される上限値のうち、最も小さい上限値を選択することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 7】 電流位相の下限値を、効率またはトルクを最大とする電流位相、もしくはこれらの近傍に設定し、所用トルクを出力できる電流位相のうち最も小さい電流位相で同期モータを駆動する請求項 1 から請求項 6 の何れかに記載の同期モータ制御方法。

【請求項 8】 前記同期モータ (3) により空気調和機用圧縮機を駆動する請求項 1 から請求項 7 の何れかに記載の同期モータ制御方法。

【請求項 9】 前記同期モータ (3) は永久磁石モータであり、電流位相の上限値を略 60 度～80 度に設定する請求項 8 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 10】 インバータ (2) の出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御する同期モータ制御方法において、

回転数の増加に伴ってインバータ (2) の出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度垂下制御を行うことを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 11】 インバータ (2) の出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御する同期モータ制御方法において、

回転数の増加に伴ってインバータ (2) の出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度制御手段の内部状態を限界値到達直前の状態に保持することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 12】 インバータ出力電圧が出力電圧限界値に対して余裕があるとき、インバータ (2) から所望の電圧波形を出力し、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に接近することに応答してインバータ (2) からの出力電圧波形を電圧利用率の高い出力電圧波形に近づける請求項 10 または請求項 11 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 13】 前記所望の電圧波形として正弦波を採用する請求項 12 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 14】 前記電圧利用率の高い出力電圧波形として矩形波を採用する請求項 12 または請求項 13 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 15】 永久磁石モータにより圧縮機を駆動する請求項 10 から請求項 14 の何れかに記載の同期モータ制御方法。

【請求項 16】 インバータ (2) の出力電圧を同期モータ (3) に供給することにより同期モータ (3) を制御する同期モータ制御方法において、

インバータ出力電圧振幅が制限されているか否かに拘わらず、モータ電流を制御することを特徴とする同期モータ制御方法。

【請求項 17】 前記モータ電流の制御は、モータ電流が少ないことに応答してモータ端子電圧指令値を増加させ、モータ電流が多いことに応答してモータ端子電圧指令値を減少させる請求項 16 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 18】 前記電圧制限に起因するトルクの減少を補償すべくインバータ (2) を制御する請求項 16 または請求項 17 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 19】 前記トルクの減少の補償を、電圧制限による相電圧指令の基本波成分の振幅の減少を補償することにより行う請求項 18 に記載の同期モータ制御方法。

【請求項 20】 電圧利用率を高める過変調の度合いが

所定の値を越えたことに応答して、過変調の度合いが所定の値になるように電流位相を制御する請求項16から請求項19の何れかに記載の同期モータ制御方法。

【請求項21】 前記同期モータ(3)は、回転子の内部に永久磁石を埋め込んでなる永久磁石モータである請求項9から請求項20の何れかに記載の同期モータ制御方法。

【請求項22】 前記同期モータ(3)により圧縮機を駆動する請求項16から請求項21の何れかに記載の同期モータ制御方法。

【請求項23】 インバータ(2)の出力電圧を同期モータ(3)に供給することにより同期モータ(3)を制御する同期モータ制御装置において、

電流位相の上限値を、各瞬時毎に、その時のインバータ出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するインバータ制御手段(6)(7)

(8)(8')(9)(9')(11)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項24】 インバータ(2)の出力電圧を同期モータ(3)に供給することにより同期モータ(3)を制御する同期モータ制御装置において、

電流位相の上限値を、各回転数毎に、インバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するインバータ制御手段(6)(7)

(8)(8')(9)(9')(11)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項25】 前記インバータ制御手段(8)は、電流位相の上限値を、少なくとも回転数に応答して変化させるものである請求項23または請求項24に記載の同期モータ制御装置。

【請求項26】 インバータ(2)の出力電圧を同期モータ(3)に供給することにより同期モータ(3)を制御する同期モータ制御装置において、

電流位相の上限値を、最高速回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するインバータ制御手段(6)(7)

(8)(8')(9)(9')(11)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項27】 インバータ(2)の出力電圧を同期モータ(3)に供給することにより同期モータ(3)を制御する同期モータ制御装置において、

電流位相の制限値を、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限されることになる最大位相、および最小位相、もしくはこれらの近傍に設定するインバータ制御手段(6)(7)(8)(9)(9')(11)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項28】 インバータ(2)の出力電圧を同期モータ(3)に供給することにより同期モータ(3)を制御する同期モータ制御装置において、

電流位相の上限値を、各瞬時毎に、請求項23、請求項

24、請求項26、請求項27により設定される上限値のうち、最も小さい上限値を選択するインバータ制御手段を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項29】 前記インバータ制御手段(6)(7)(8)(9')(11)は、電流位相の下限値を、効率またはトルクを最大とする電流位相、もしくはこれらの近傍に設定し、所用トルクを出力できる電流位相のうち最も小さい電流位相で同期モータを駆動すべくインバータ(2)を制御するものである請求項23から請求項28の何れかに記載の同期モータ制御装置。

【請求項30】 前記同期モータ(3)は、空気調和機用圧縮機を駆動するものである請求項23から請求項29の何れかに記載の同期モータ制御装置。

【請求項31】 前記同期モータ(3)は永久磁石モータであり、前記インバータ制御手段(6)(7)(8)(9)は、電流位相の上限値を略60度~80度に設定するものである請求項30に記載の同期モータ制御装置。

【請求項32】 インバータ(2)の出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御する同期モータ制御装置において、

回転数の増加に伴ってインバータ(2)の出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度垂下制御を行うインバータ制御手段(5)(5a)(6)(7)(8)(9')(10)(11)(13)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項33】 インバータ(2)の出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御する同期モータ制御装置において、

回転数の増加に伴ってインバータ(2)の出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度制御手段(5)の内部状態を限界値到達直前の状態に保持するインバータ制御手段(5)(6)(7)(8)(9)(13)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項34】 前記インバータ制御手段(5)(7)(12)(12a)(13)は、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に対して余裕があるとき、インバータ(2)から所望の電圧波形を出力し、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に接近することに応答してインバータ(2)からの出力電圧波形を電圧利用率の高い出力電圧波形に近づけるものである請求項32または請求項33に記載の同期モータ制御装置。

【請求項35】 前記インバータ制御手段(5)(7)(12)(12a)(13)は、前記所望の電圧波形として正弦波を採用するものである請求項34に記載の同期モータ制御装置。

【請求項36】 前記インバータ制御手段(5)(7)

10

20

30

40

50

(12) (12a) (13)は、前記電圧利用率の高い出力電圧波形として矩形波を採用するものである請求項34または請求項35に記載の同期モータ制御装置。

【請求項37】 前記永久磁石モータは圧縮機を駆動するものである請求項32から請求項36の何れかに記載の同期モータ制御装置。

【請求項38】 インバータ(2)の出力電圧を同期モータ(3)に供給することにより同期モータ(3)を制御する同期モータ制御装置において、

インバータ出力電圧振幅が制限されているか否かに拘わらず、モータ電流を制御すべくインバータ(2)を制御するインバータ制御手段(6)(7)(35)(39)を含むことを特徴とする同期モータ制御装置。

【請求項39】 前記インバータ制御手段(6)(7)(35)(39)は、前記モータ電流の制御を、モータ電流が少ないことに応答してモータ端子電圧指令値を増加させ、モータ電流が多いことに応答してモータ端子電圧指令値を減少させることにより行うものである請求項38に記載の同期モータ制御装置。

【請求項40】 前記インバータ制御手段(6)(7)(35)(39)は、前記電圧制限に起因するトルクの減少を補償すべくインバータ(2)を制御するものである請求項38または請求項39に記載の同期モータ制御装置。

【請求項41】 前記インバータ制御手段(6)(7)(35)(39)は、前記トルクの減少の補償を、電圧制限による相電圧指令の基本波成分の振幅の減少を補償することにより行うものである請求項40に記載の同期モータ制御装置。

【請求項42】 前記インバータ制御手段(6)(7)(35)は、過変調の度合いが所定の値を越えたことに応答して、過変調の度合いが所定の値になるように電流位相を制御するものである請求項38から請求項41の何れかに記載の同期モータ制御装置。

【請求項43】 前記同期モータ(3)は、回転子の内部に永久磁石を埋め込んでなる永久磁石モータである請求項31から請求項42の何れかに記載の同期モータ制御装置。

【請求項44】 前記同期モータ(3)は圧縮機を駆動するものである請求項38から請求項43の何れかに記載の同期モータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御する同期モータ制御方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御する同期モータ制御装置が提案されている。

【0003】そして、このような同期モータ制御装置として、(1)過変調を行うとともに、電圧制御および電圧位相制御を併用してインバータを制御し、インバータ出力電圧を供給することにより同期モータを制御するもの、(2)過変調を行わず、電流制御および電流位相制御を併用してインバータを制御し、インバータ出力電圧を供給することにより同期モータを制御するもの、

(3)電圧制御と電流制御とを切り替えてインバータを制御し、インバータ出力波形を供給することにより同期モータを制御するものが提案されている。また、(4)

(2)の同期モータ制御装置において、電流位相制御により制御される電流位相の最大値を適当な値で制限するものも提案されている。例えば、特開平8-322279号公報に示されたブラシレスDCモータ制御装置においては、必要なトルクに合わせて最大位相を設定している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記(1)の同期モータ制御装置を採用した場合には、インバータの出力電圧を最大限利用することができるが、過負荷の時に電流トリップが発生するので、インバータ出力電流を最大限利用することができないという不都合がある。

【0005】前記(2)の同期モータ制御装置を採用した場合には、電流トリップの発生を未然に防止することができるが、インバータ出力電圧を最大限利用することができないという不都合がある。換言すれば、効率を十分には高めることができないという不都合がある。

【0006】前記(3)の同期モータ制御装置を採用した場合には、切り替えに応じて(1)の同期モータ制御装置を採用した場合の不都合、(2)の同期モータ制御装置を採用した場合の不都合が発生するとともに、電圧制御を行うための構成および電流制御を行うための構成が必要であり、構成が複雑化するという不都合もある。

【0007】前記(4)の同期モータ制御装置を採用した場合には、電流位相の最大値を適当な値で制限しているだけであるから、同期モータ、インバータの能力を最大限には活用することができないという不都合がある。さらに説明する。

【0008】同期モータを最大トルクを発生できる状態にすることができないので、同期モータを必要以上に大型化することが必要になる。また、高速回転を行わせる場合には誘起電圧を低く抑えたモータを採用する必要があるため、駆動電流が増加し、同期モータによって圧縮機を駆動する場合には圧縮機定格(中速域)効率が低下してしまう。さらに、電流位相を適切には制限していないので、電流位相が真の限界値を越えると同期モータが失速し、トリップの発生、または効率の大幅な低下、運転範囲未達成などの不都合を生じてしまう。

【0009】さらに説明する。

【0010】従来から、同期モータの制御を行うに当た

って、電圧拘束の下での最大トルク条件は全く示されておらず、また、サーボ用途においては、速度垂下制御を行うことは許されず、電圧や電流に余裕を持たせるマージン設計が基本であったので、最大トルク条件での同期モータの制御を行うことは全く不可能であった。サーボ以外の用途においてもマージン設計が常識になっているので、最大トルク条件での同期モータの制御を行うことは全く不可能であった。換言すれば、最大加速、最大トルクなどのように同期モータの最大能力を利用することは不可能であった。このためマージンを越えた場合には、同期モータが失速し、ひいてはトリップ、効率低下、運転範囲未達をもたらしてしまう。

【0011】また、インバータ出力電圧がモータ誘起電圧に比して十分に高い場合にはモータ電流によってトルク制御を行い、高速回転時にモータ誘起電圧に起因してモータ電圧を増すことができなくなった場合には電流位相を進めて磁束を弱め、モータ電流を増加させることでさらに高速回転を行わせることが知られている。しかし、これらを用いてモータの最大能力を引き出す方法は全く提案されていないだけでなく、瞬間的に能力以上の指令が与えられた場合に制御系の発散を防止する方法も全く提案されていない。したがって、良好な制御性（高い応答速度、高い効率）を維持しつつモータインバータの能力いっぱいを使い切ることは不可能である。

【0012】さらに、インバータ出力電圧が限界値に達すると電流制御系が発散すると考えられているので、インバータ出力電圧を限界値付近まで利用する場合には、電流制御を行うことができず、この結果、トリップ、制御系の発散などの不都合を生じてしまう。

【0013】

【発明の目的】この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、同期モータの能力を最大限に活用することができ、高い制御性を確保しつつインバータの能力を最大限に活用することができ、しかもインバータ出力電圧を最大限利用しつつトリップレス、電流制御を行うことができる同期モータ制御方法およびその装置を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、各瞬時毎に、その時のインバータ出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定する方法である。

【0015】請求項2の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、各回転数毎に、インバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定する方法である。

【0016】請求項3の同期モータ制御方法は、電流位相の上限値を、少なくとも回転数にตอบสนองして変化させる方法である。

【0017】請求項4の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、最高速回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定する方法である。

10 【0018】請求項5の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の制限値を、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限されることになる最大位相、および最小位相、もしくはこれらの近傍に設定する方法である。

20 【0019】請求項6の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、各瞬時毎に、請求項1、請求項2、請求項4、請求項5により設定される上限値のうち、最も小さい上限値を選択する方法である。

【0020】請求項7の同期モータ制御方法は、電流位相の下限値を、効率またはトルクを最大とする電流位相、もしくはこれらの近傍に設定し、所用トルクを出力できる電流位相のうち最も小さい電流位相で同期モータを駆動する方法である。

【0021】請求項8の同期モータ制御方法は、前記同期モータにより空気調和機用圧縮機を駆動する方法である。

30 【0022】請求項9の同期モータ制御方法は、前記同期モータとして永久磁石モータを採用し、電流位相の上限値を略60度～80度に設定する方法である。

【0023】請求項10の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するに当たって、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことにตอบสนองして電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことにตอบสนองして速度垂下制御を行う方法である。

40 【0024】請求項11の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するに当たって、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことにตอบสนองして電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことにตอบสนองして速度制御手段の内部状態を限界値到達直前の状態に保持する方法である。

50 【0025】請求項12の同期モータ制御方法は、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に対して余裕があるとき、インバータから所望の電圧波形を出力し、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に接近することにตอบสนองして

インバータからの出力電圧波形を電圧利用率の高い出力電圧波形に近づける方法である。

【0026】請求項13の同期モータ制御方法は、前記所望の電圧波形として正弦波を採用する方法である。

【0027】請求項14の同期モータ制御方法は、前記電圧利用率の高い出力電圧波形として矩形波を採用する方法である。

【0028】請求項15の同期モータ制御方法は、永久磁石モータにより圧縮機を駆動する方法である。

【0029】請求項16の同期モータ制御方法は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ出力電圧振幅が制限されているか否かに拘わらず、モータ電流を制御する方法である。

【0030】請求項17の同期モータ制御方法は、前記モータ電流の制御を、モータ電流が少ないことに応答してモータ端子電圧指令値を増加させ、モータ電流が多いことに応答してモータ端子電圧指令値を減少させることにより行う方法である。

【0031】請求項18の同期モータ制御方法は、前記電圧制限に起因するトルクの減少を補償すべくインバータを制御する方法である。

【0032】請求項19の同期モータ制御方法は、前記トルクの減少の補償を、電圧制限による相電圧指令の基本波成分の振幅の減少を補償することにより行う方法である。

【0033】請求項20の同期モータ制御方法は、電圧利用率を高める過変調の度合いが所定の値を越えたことに応答して、過変調の度合いが所定の値になるように電流位相を制御する方法である。

【0034】請求項21の同期モータ制御方法は、前記同期モータとして、回転子の内部に永久磁石を埋め込んだ永久磁石モータを採用する方法である。

【0035】請求項22の同期モータ制御方法は、前記同期モータにより圧縮機を駆動する方法である。

【0036】請求項23の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するものにおいて、電流位相の上限値を、各瞬時毎に、その時のインバータ出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するインバータ制御手段を含むものである。

【0037】請求項24の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するものにおいて、電流位相の上限値を、各回転数毎に、インバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するインバータ制御手段を含むものである。

【0038】請求項25の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、電流位相の上限値を、少なくとも回転数に応答して変化させるものを採用するもの

である。

【0039】請求項26の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するものにおいて、電流位相の上限値を、最高速回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するインバータ制御手段を含むものである。

【0040】請求項27の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するものにおいて、電流位相の制限値を、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限されることになる最大位相、および最小位相、もしくはこれらの近傍に設定するインバータ制御手段を含むものである。

【0041】請求項28の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するものにおいて、電流位相の上限値を、各瞬時毎に、請求項23、請求項24、請求項26、請求項27により設定される上限値のうち、最も小さい上限値を選択するインバータ制御手段を含むものである。

【0042】請求項29の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、電流位相の下限値を、効率またはトルクを最大とする電流位相、もしくはこれらの近傍に設定し、所用トルクを出力できる電流位相のうち最も小さい電流位相で同期モータを駆動すべくインバータを制御するものを採用するものである。

【0043】請求項30の同期モータ制御装置は、前記同期モータとして、空気調和機用圧縮機を駆動するものを採用するものである。

【0044】請求項31の同期モータ制御装置は、前記同期モータとして永久磁石モータを採用し、前記インバータ制御手段として、電流位相の上限値を略60度～80度に設定するものを採用するものである。

【0045】請求項32の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するものにおいて、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度垂下制御を行うインバータ制御手段を含むものである。

【0046】請求項33の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するものにおいて、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度制御手段の内部状態を限界値到達直前の状態に保持するインバータ制御手段を含むものである。

【0047】請求項34の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、インバータ出力電圧が出力

電圧限界値に対して余裕があるとき、インバータから所望の電圧波形を出力し、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に接近することに対応してインバータからの出力電圧波形を電圧利用率の高い出力電圧波形に近づけるものを採用するものである。

【0048】請求項35の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、正弦波を前記所望の電圧波形とするものを採用するものである。

【0049】請求項36の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、矩形波を前記電圧利用率の

高い出力電圧波形とするものを採用するものである。

【0050】請求項37の同期モータ制御装置は、前記永久磁石モータとして圧縮機を駆動するものを採用するものである。

【0051】請求項38の同期モータ制御装置は、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するものにおいて、インバータ出力電圧振幅が制限されているか否かに拘わらず、モータ電流を制御すべくインバータを制御するインバータ制御手段を含むものである。

【0052】請求項39の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、前記モータ電流の制御を、モータ電流が少ないことに対応してモータ端子電圧指令値を増加させ、モータ電流が多いことに対応してモータ端子電圧指令値を減少させることにより行うものを採用するものである。

【0053】請求項40の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、前記電圧制限に起因するトルクの減少を補償すべくインバータを制御するものを採用するものである。

【0054】請求項41の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、前記トルクの減少の補償を、電圧制限による相電圧指令の基本波成分の振幅の減少を補償することにより行うものを採用するものである。

【0055】請求項42の同期モータ制御装置は、前記インバータ制御手段として、過変調の度合いが所定の値を越えたことに対応して、過変調の度合いが所定の値になるように電流位相を制御するものを採用するものである。

【0056】請求項43の同期モータ制御装置は、前記同期モータとして、回転子の内部に永久磁石を埋め込んでなる永久磁石モータを採用するものである。

【0057】請求項44の同期モータ制御装置は、前記同期モータとして圧縮機を駆動するものを採用するものである。

【0058】
【作用】請求項1の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、

各瞬時毎に、その時のインバータ出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するのであるから、最大回転速度を引き上げるために電流位相を進め、または速度を制御するために電圧位相もしくは電流位相を操作するとき、同期モータが発生できる最大トルク付近での運転を行うことができる。この結果、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0059】請求項2の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、各回転数毎に、インバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するのであるから、速度毎に設定された電流位相の上限値を用いて同期モータを制御することができ、高速時の弱め界磁制御時の電流位相を上限値以下に保持することができる。この結果、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0060】請求項3の同期モータ制御方法であれば、電流位相の上限値を、少なくとも回転数に対応して変化させるのであるから、請求項1または請求項2と同様の作用を達成することができる。

【0061】請求項4の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値を、最高速回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定するのであるから、処理を簡単化して、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0062】請求項5の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の制限値を、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限されることになる最大位相、および最小位相、もしくはこれらの近傍に設定するのであるから、トルク低下を防止し、しかも電流位相を最大限に制御することができる。この結果、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0063】請求項6の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、電流位相の上限値

を、各瞬時毎に、請求項 1、請求項 2、請求項 4、請求項 5 により設定される上限値のうち、最も小さい上限値を選択するのであるから、選択された上限値によって電流位相を制限することによって、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0064】請求項 7 の同期モータ制御方法であれば、電流位相の下限値を、効率またはトルクを最大とする電流位相、もしくはこれらの近傍に設定し、所用トルクを出力できる電流位相のうち最も小さい電流位相で同期モータを駆動するのであるから、電流位相を下限値と上限値との間の位相に制御することができるほか、請求項 1 から請求項 6 の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0065】請求項 8 の同期モータ制御方法であれば、前記同期モータにより空気調和機用圧縮機を駆動するのであるから、冷媒によって弱め界磁制御時に発熱が大きくなる同期モータを冷却することができ、同期モータの放熱を特に考慮することなく、請求項 1 から請求項 7 の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0066】請求項 9 の同期モータ制御方法であれば、前記同期モータとして永久磁石モータを採用し、電流位相の上限値を略 60 度～80 度に設定するのであるから、永久磁石モータの最大能力を引き出して良好な運転特性を実現することができ、しかも請求項 8 と同様の作用を達成することができる。

【0067】請求項 10 の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するに当たって、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度垂下制御を行うのであるから、電流限界、位相限界以下で永久磁石モータを駆動して制御系の発散を防止することができる。そして、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0068】請求項 11 の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するに当たって、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度制御手段の内部状態を限界値到達直前の状態に保持するのであるから、速度制御系の発散を防止することができる。そして、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、

同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0069】請求項 12 の同期モータ制御方法であれば、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に対して余裕があるとき、インバータから所望の電圧波形を出力し、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に接近することに応答してインバータからの出力電圧波形を電圧利用率の高い出力電圧波形に近づけるのであるから、電圧波形を適宜調整すれば低速域において静音化を達成することができるとともに、高速運転範囲の拡大を達成することができるほか、請求項 10 または請求項 11 と同様の作用を達成することができる。

【0070】請求項 13 の同期モータ制御方法であれば、前記所望の電圧波形として正弦波を採用するのであるから、高調波による騒音、振動を簡単に抑制することができるほか、請求項 12 と同様の作用を達成することができる。

【0071】請求項 14 の同期モータ制御方法であれば、前記電圧利用率の高い出力電圧波形として矩形波を採用するのであるから、高速運転範囲の十分な拡大を達成することができるほか、請求項 12 または請求項 13 と同様の作用を達成することができる。

【0072】請求項 15 の同期モータ制御方法であれば、永久磁石モータにより圧縮機を駆動するのであるから、騒音、振動を低減することができるとともに、高速まで駆動することができるほか、請求項 10 から請求項 14 の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0073】請求項 16 の同期モータ制御方法であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ出力電圧振幅が制限されているか否かに拘わらず、モータ電流を制御するのであるから、電圧制限時に外乱などにより電流が増加する場合にもモータ電流を制御することができる。そして、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0074】請求項 17 の同期モータ制御方法であれば、前記モータ電流の制御を、モータ電流が少ないことに応答してモータ端子電圧指令値を増加させ、モータ電流が多いことに応答してモータ端子電圧指令値を減少させることにより行うのであるから、請求項 16 と同様の作用を達成することができる。

【0075】請求項 18 の同期モータ制御方法であれば、前記電圧制限に起因するトルクの減少を補償すべくインバータを制御するのであるから、電流制限前のトルクを保持し続けることができるほか、請求項 16 または請求項 17 と同様の作用を達成することができる。

【0076】請求項 19 の同期モータ制御方法であれば、前記トルクの減少の補償を、電圧制限による相電圧

指令の基本波成分の振幅の減少を補償することにより行うのであるから、請求項18と同様の作用を達成することができる。

【0077】請求項20の同期モータ制御方法であれば、電圧利用率を高める過変調の度合いが所定の値を越えたことに応答して、過変調の度合いが所定の値になるように電流位相を制御するのであるから、過変調の度合いが大きくなりすぎることを防止することができるほか、請求項16から請求項19の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0078】請求項21の同期モータ制御方法であれば、前記同期モータとして、回転子の内部に永久磁石を埋め込んでなる永久磁石モータを採用するのであるから、弱め界磁作用を効果的に利用することができるほか、請求項9から請求項20の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0079】請求項22の同期モータ制御方法であれば、前記同期モータにより圧縮機を駆動するのであるから、急激な負荷増大が起こった場合であっても同期モータ、インバータの破損をもたらす過電流を防止することができるほか、請求項16から請求項21の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0080】請求項23の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、電流位相の上限値を、各瞬時毎に、その時のインバータ出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定することができる。

【0081】したがって、最大回転速度を稼ぐために電流位相を進め、または速度制御を行うために電圧位相もしくは電流位相を制御するに当たって、同期モータの発生できる最大トルクでの制御を行うことができる。この結果、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0082】請求項24の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、電流位相の上限値を、各回転数毎に、インバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定することができる。

【0083】したがって、速度毎に設定された電流位相の上限値を用いて同期モータを制御することができ、高速時の弱め界磁制御時の電流位相を上限値以下に保持することができる。この結果、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0084】請求項25の同期モータ制御装置であ

ば、前記インバータ制御手段として、電流位相の上限値を、少なくとも回転数にตอบสนองして変化させるものを採用するのであるから、請求項23または請求項24と同様の作用を達成することができる。

【0085】請求項26の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、電流位相の上限値を、最高速回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする位相もしくはその近傍に設定することができる。

【0086】したがって、最大電圧、最大電流位相時の過渡変化のみに対して電流位相を制限することができる。この結果、構成を簡単化して、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0087】請求項27の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、電流位相の制限値を、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限されることになる最大位相、および最小位相、もしくはこれらの近傍に設定することができる。

【0088】したがって、トルク低下を防止し、しかも電流位相を最大限に制御することができる。この結果、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0089】請求項28の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、電流位相の上限値を、各瞬時毎に、請求項23、請求項24、請求項26、請求項27により設定される上限値のうち、最も小さい上限値を選択することができる。

【0090】したがって、選択された上限値によって電流位相を制限することによって、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0091】請求項29の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、電流位相の下限値を、効率またはトルクを最大とする電流位相、もしくはこれらの近傍に設定し、所用トルクを出力できる電流位相のうち最も小さい電流位相で同期モータを駆動すべくインバータを制御するものを採用するのであるから、電流位相を下限値と上限値との間の位相に制御することが

できるほか、請求項 23 から請求項 28 の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0092】請求項 30 の同期モータ制御装置であれば、前記同期モータとして、空気調和機用圧縮機を駆動するものを採用するのであるから、冷媒によって同期モータを冷却することができ、同期モータの放熱を特に考慮することなく、請求項 23 から請求項 29 の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0093】請求項 31 の同期モータ制御装置であれば、前記同期モータとして永久磁石モータを採用し、前記インバータ制御手段として、電流位相の上限値を略 60 度～80 度に設定するものを採用するのであるから、永久磁石モータの最大能力を引き出して平坦なトルク特性を実現することができ、しかも請求項 30 と同様の作用を達成することができる。

【0094】請求項 32 の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度垂下制御を行うことができる。

【0095】したがって、電流限界、位相限界以下で永久磁石モータを駆動して制御系の発散を防止することができる。そして、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0096】請求項 33 の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を永久磁石モータに供給することにより永久磁石モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、回転数の増加に伴ってインバータの出力電圧が限界値に達したことに応答して電流位相を進め、所定の電流位相限界値もしくは電流限界値に達したことに応答して速度制御手段の内部状態を限界値到達直前の状態に保持することができる。

【0097】したがって、速度制御系の発散を防止することができる。そして、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0098】請求項 34 の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に対して余裕があるとき、インバータから所望の電圧波形を出力し、インバータ出力電圧が出力電圧限界値に接近することに応答してインバータからの出力電圧波形を電圧利用率の高い出力電圧波形に近づけるものを採用するのであるから、低速域において静音化を達成できるとともに、高速運転範囲の

拡大を達成することができるほか、請求項 32 または請求項 33 と同様の作用を達成することができる。

【0099】請求項 35 の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、正弦波を前記所望の電圧波形とするものを採用するのであるから、高調波による騒音、振動を簡単に抑制することができるほか、請求項 34 と同様の作用を達成することができる。

【0100】請求項 36 の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、矩形波を前記電圧利用率の高い出力電圧波形とするものを採用するのであるから、高速運転範囲の十分な拡大を達成することができるほか、請求項 34 または請求項 35 と同様の作用を達成することができる。

【0101】請求項 37 の同期モータ制御装置であれば、前記永久磁石モータとして圧縮機を駆動するものを採用するのであるから、騒音、振動を低減することができるとともに、高速まで駆動することができるほか、請求項 32 から請求項 36 の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0102】請求項 38 の同期モータ制御装置であれば、インバータの出力電圧を同期モータに供給することにより同期モータを制御するに当たって、インバータ制御手段によって、インバータ出力電圧振幅が制限されているか否かに拘わらず、モータ電流を制御すべくインバータを制御することができる。

【0103】したがって、電圧制限時に外乱などにより電流が増加する場合にもモータ電流を制御することができる。そして、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができる。

【0104】請求項 39 の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、前記モータ電流の制御を、モータ電流が少ないことに応答してモータ端子電圧指令値を増加させ、モータ電流が多いことに応答してモータ端子電圧指令値を減少させることにより行うものを採用するのであるから、請求項 38 と同様の作用を達成することができる。

【0105】請求項 40 の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、前記電圧制限に起因するトルクの減少を補償すべくインバータを制御するものを採用するのであるから、電流制限前のトルクを保持し続けることができるほか、請求項 38 または請求項 39 と同様の作用を達成することができる。

【0106】請求項 41 の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、前記トルクの減少の補償を、電圧制限による相電圧指令の基本波成分の振幅の減少を補償することにより行うものを採用するのであるから、請求項 40 と同様の作用を達成することができる。

【0107】請求項42の同期モータ制御装置であれば、前記インバータ制御手段として、過変調の度合いが所定の値を越えたことに応答して、過変調の度合いが所定の値になるように電流位相を制御するものを採用するのであるから、過変調の度合いが大きくなりすぎることを防止することができるほか、請求項38から請求項41の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0108】請求項43の同期モータ制御装置であれば、前記同期モータとして、回転子の内部に永久磁石を埋め込んでなる永久磁石モータを採用するのであるから、弱め界磁作用を効果的に利用することができるほか、請求項31から請求項42の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0109】請求項44の同期モータ制御装置であれば、前記同期モータとして圧縮機を駆動するものを採用するのであるから、急激な負荷増大が起こった場合であっても同期モータ、インバータの破損をもたらす過電流を防止することができるほか、請求項38から請求項43の何れかと同様の作用を達成することができる。

【0110】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、この発明の同期モータ制御方法およびその装置の実施の態様を詳細に説明する。

【0111】図1はこの発明の同期モータ制御装置の一実施態様を示すブロック図である。

【0112】この同期モータ制御装置は、交流電源1を入力として直流電力を出力するコンバータ1aと、直流電力を入力として交流電力を出力し、同期モータ3に供給するインバータ2と、モータ電流を検出する電流検出部3aと、モータ電圧を検出する電圧検出部3bと、モータ電流、モータ電圧に基づいて同期モータ3の回転子の回転位置（以下、ロータ位置と称する）および回転子の回転速度（以下、単に速度と称する）を出力する位置・速度検出部4と、位置・速度検出部4からの速度および外部から与えられる速度指令を入力として速度制御を行い、電流指令を出力する速度制御部5と、速度制御部5からの電流指令および外部から与えられる位相指令を入力として位相制御を行って電流振幅指令を出力する位相制御部6と、位相制御部6からの電流振幅指令、モータ電流、およびロータ位置(θ)を入力として電流制御を行って電圧指令を出力し、インバータ2に供給する電流制御部7と、位置・速度検出部4からの速度および電流制御部7からの電圧指令を入力として、予め設定されている最大電流位相（モータ出力電圧、回転数に対応して予め設定されている最大電流位相）のうち、該当する最大電流位相を出力する最大位相テーブル8と、位相制御部6に供給されるべく位相指令を最大電流位相に基づいて制限する位相リミット部9とを有している。

【0113】前記同期モータ3としては、例えば、回転子の内部に永久磁石を配置してなる永久磁石モータ（以

下、埋込永久磁石モータ（IPM）と称する）が例示できるが、従来公知の他の構成のものを採用することが可能である。

【0114】前記最大位相テーブル8としては、関数の形で最大電流位相を保持するものであってもよい。

【0115】前記位置・速度検出部4としては、無通電区間における誘起電圧に基づいてロータ位置、速度を検出するものであってもよいが、同期モータ3に位置検出機構を設けておいて位置検出結果からロータ位置、速度を出力するようにしてもよい。もちろん、モータモデルに基づく演算を行ってロータ位置、速度を出力するものであってもよい。

【0116】また、前記各構成部分の構成は従来公知であるから詳細な説明を省略する。

【0117】先ず、IPMの電流位相－トルク特性を説明する。

【0118】図2はモータ電流固定時のIPMの電流位相－トルク特性を示す図である。

【0119】IPMでは磁石トルクの他にリラクタンストルクが発生するため、電流位相0度よりも進め位相で最大トルクが発生する。この時IPMに印加する電圧は、電流位相を進めるほど、永久磁石の界磁を弱める弱め界磁状態となるため低下していく。

【0120】そして、電圧固定時の電流位相－トルク特性を示す図3中（a）（b）から分かるように、IPMの印加電圧を一定とした場合、電流位相を進めることにより、モータ電流は増加するがモータ電流に対するトルク発生量は減少する。そして、図3の評価に用いたIPMでは、電流位相が70～80度の場合に最大トルクが発生する。

【0121】上記の構成の同期モータ制御装置の作用は次のとおりである。

【0122】インバータ2の出力電圧を印加して同期モータ3を運転している間に、電流検出部3aによりモータ電流を検出するとともに、電圧検出部3bによりモータ電圧を検出し、モータ電流およびモータ電圧を位置・速度検出部4に供給することによりロータ位置および速度を検出する。

【0123】そして、検出された速度および外部から与えられる速度指令に基づいて速度制御部5によって速度制御を行って電流指令を生成する。

【0124】また、外部から与えられる位相指令は位相リミット部9に供給され、電圧指令および速度に基づいて最大位相テーブル8から出力される最大電流位相を越えないように位相指令を制限する。もちろん、位相指令が最大電流位相よりも小さい場合には、位相指令をそのまま出力する。

【0125】速度制御部5からの電流指令および位相リミット部9からの位相指令に基づいて位相制御部6において位相制御を行うことにより電流振幅指令（および電

10

20

30

40

50

流位相)を出力する。

【0126】この電流振幅指令、モータ電流およびロータ位置に基づいて電流制御部7により電流制御を行って、モータ電流の大きさ、位相を指令値に合わせるべく電圧指令を出力し、インバータ2に供給する。

【0127】したがって、最大回転速度を稼ぐために電流位相を進める処理を行うとともに、速度制御を行うに当たって、電圧値ではなく、電流位相を制御する処理を行い、しかも同期モータ3の発生できる最大トルクでの制御を行うことができる。

【0128】なお、上記の構成の同期モータ制御装置において、電流制御部7を省略し、速度制御部5において直接電圧振幅を生成し、位相制御部6において電圧位相制御を行うとともに、ロータ位置に合わせたインバータへの電圧指令を生成するように構成することが可能である。

【0129】図4はこの発明の同期モータ制御装置の他の実施態様を示すブロック図である。

【0130】この同期モータ制御装置が図1の同期モータ制御装置と異なる点は、最大位相テーブル8として、各速度に対する最大電流位相を保持するものを採用した点のみである。

【0131】したがって、この場合には、位置・速度検出部4からの速度に基づいて最大位相テーブル8から該当する最大電流位相を出力し、位相リミット部9に供給することができる。

【0132】この結果、図1の同期モータ制御装置と同様に、最大回転速度を稼ぐために電流位相を進める処理を行うとともに、速度制御を行うに当たって、電圧値ではなく、電流位相を制御する処理を行い、しかも同期モータ3の発生できる最大トルクでの制御を行うことができる。

【0133】また、この実施態様においては、最大位相テーブル8を定数に置きかえることができる。

【0134】通常、電流制御ループを持つ同期モータ制御装置では、トルクが必要になった場合にモータ電流値を増加させる処理が行われ、電流位相を大きく動かすことはない。このため、電流位相の制限が必要になるのは、高速時の弱め界磁制御時のみの場合が多い。したがって、この実施態様の同期モータ制御装置を採用することにより、真に必要な場合にのみ電流位相の制限を行うことができる。

【0135】図5はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【0136】この同期モータ制御装置が図1の同期モータ制御装置と異なる点は、最大位相テーブル8に代えて、最大位相保持部8'を採用した点のみである。

【0137】この最大位相保持部8'は、最高回転時のインバータ最大出力電圧においてモータトルクを最大とする最大電流位相が予め設定されたものである。

【0138】したがって、この場合には、最大位相保持部8'からの最大電流位相に基づいて位相リミット部9により位相指令を制限するほか、図1の同期モータ制御装置と同様の作用を達成することができる。

【0139】この結果、最大位相テーブル8と比較して最大位相保持部8'の構成を簡単化することができる。

【0140】また、通常、電圧が足りている場合には電流振幅でトルクを制御する。そして、高速回転になり電圧が足りなくなった場合には、電流位相を進め、弱め界磁制御を行うため、最大負荷の時、最大電圧、最大位相になる。したがって、最大電圧、最大位相時の過渡変化に対して位相の制限が行われれば問題のない用途は多く、これらの用途にこの実施態様の同期モータ制御装置を適用することによって、最大電圧、最大位相時の過渡変化に対してのみ位相の制限を行うことができる。

【0141】図6はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【0142】この同期モータ制御装置が図1の同期モータ制御装置と異なる点は、最大位相テーブル8として、所用トルク毎にインバータ出力電流が制限値となる直前の最大電流位相および最小電流位相が予め格納されたものを採用した点、および電流振幅と電流位相とから出力トルクを推定して最大位相テーブル8に供給するトルク推定部10をさらに含む点のみである。

【0143】したがって、この場合には、トルク推定部10によって、電流振幅と電流位相とから出力トルクを推定して最大位相テーブル8に供給し、最大位相テーブル8から、そのトルクでの出力電流が制限される電流位相を読み出す。そして、位相リミット部9がその電流位相によって位相指令を制限することによって、電流位相の行き過ぎにより電流制限が働くことで出力トルクが低下するという不都合を防止することができる。

【0144】この結果、トルク低下を防止しつつ最大限に位相を制御することができる。

【0145】図7はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【0146】この同期モータ制御装置が図1の同期モータ制御装置と異なる点は、最大位相テーブル8を設ける代わりに、電流制御部7として、出力電流が限界を越える場合に出力電流を制限する機能と、出力電流の制限を行ったことを示すフラグを出力する機能を有するものを採用した点のみである。

【0147】したがって、この場合には、出力電流が制限値に達したことを示す電流制御部7からのフラグを位相リミット部9に供給することによって、電流位相がそれ以上はみ出すことを禁止し、電流位相の行き過ぎより電流制限が働くことで出力トルクが低下するという不都合を防止することができる。

【0148】この結果、トルク低下を防止しつつ最大限に位相を制御することができる。

【0149】図8は電圧および電流制限時のトルク-電流位相特性を示す図である。

【0150】なお、この特性は、最大電圧を200V、最大電流を20A、最大回転速度を120rpsとしたIPMについて得られたものである。

【0151】そして、図4の同期モータ制御装置（請求項2）では、120rps時①、70rps時②を通る線が最大電流位相となり、図1の同期モータ制御装置（請求項1）では、各電圧毎に図4の同期モータ制御装置の電流位相を求めたものとなり、図5の同期モータ制御装置（請求項4）では、①を通る垂直なラインが最大電流位相となり、図6または図7の同期モータ制御装置（請求項5）では、電流制限20Armsのライン外側が制限される電流位相の範囲となる。

【0152】また、これらの最大電流位相を求め、これらのうち、小さい方の最大電流位相を選択して位相指令を制限することが好ましく、位相指令が必要以上に大きくなることを防止することができる。

【0153】図9はIPMの動作位相を説明する図である。

【0154】低速回転中でインバータ出力電圧に余裕がある場合には、トルクの増加に伴って、①→②→③の順に電流位相を変化させる。

【0155】高速回転中で①→②→③の動作点ではインバータ出力電圧が十分に電流を流すに至らなくなってくると、位相を進めることで弱め界磁を行い、電流値を増加させることでさらにトルクを発生させる。例えば、70rpsの場合には②→③の動作点をとることができないので、①→②→④の順に電流位相を制御することで、IPMの持つ最大のトルクを引き出すことができる。

【0156】さらに高速な領域では、電流位相を進めることによって、逆にトルクが減少していく領域が電流制限値未満の領域で発生する（120rpsの⑥の右側参照）。この領域ではトルクを出そうとして位相を進めると逆にトルクが減少するため、IPMの最大能力を発揮することができない。

【0157】そこで、この領域の入らないように、各回転数毎に⑤→⑥で示す最大電流位相を持たせればよく、IPMの持つ最大トルクを引き出すことができる。

【0158】なお、以上には、電流位相の下限値を最大トルクラインに設定しているが、最高効率ラインに設定することが可能である。ただし、最高効率はほぼ40度近辺にあるので、電流位相の下限値を直線（定数）に設定することもでき、構成を簡単化することができる。

【0159】図10はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【0160】この同期モータ制御装置が図6の同期モータ制御装置と異なる点は、トルク推定部10からの出力トルクを入力とする最小位相テーブル11をさらに含む点、最大位相テーブル8としてトルク推定部10からの

出力トルクおよび検出された速度を入力として最大電流位相を出力するものを採用する点、位相リミット部9に代えて、最大位相テーブル8からの最大電流位相、最小位相テーブル11からの最小電流位相、および電流制御部7からの電圧指令を入力として電流位相を算出し、位相指令として出力する位相算出部9'を採用する点、速度制御部5として電流振幅指令を出力するものを採用した点、および位相制御部6として電流指令を出力するものを採用した点のみである。

10 【0161】前記最小位相テーブル11は、最小電流位相を出力すべくトルク-最小電流位相曲線を保持しているので、トルクが与えられることにより、該当する最小電流位相を出力する。具体的には、図9の①→②→③で表されるトルク-最小電流位相曲線を保持している。ただし、一定値で代用することもできる。

20 【0162】前記最大位相テーブル8は、電流制限による最大電流位相、および電圧拘束の下での各回転数毎の最大電流位相を保持し、トルクが与えられることにより適宜小さい方の最大電流位相を出力する。具体的には、図9の③→④→⑤で表される電流制限による最大電流位相、および⑤→⑥で表される電圧拘束の下での各回転数毎の最大電流位相を保持している。

30 【0163】前記位相算出部9'は、電圧指令が最大電圧に達していない場合に位相指令を遅相制御し、最大電圧に達している場合に位相指令を進相制御するものである。そして、遅相制御の結果、最小位相テーブル11からの最小電流位相になった場合には遅相制御を中止して最小位相テーブル11からの最小電流位相を位相指令とする。逆に、進相制御の結果、最大位相テーブル8からの最大電流位相になった場合には進相制御を中止して最大位相テーブル8からの最大電流位相を位相指令とする。

【0164】したがって、この場合には、電流指令に基づいてトルク推定部10によって出力トルクを推定し、最大位相テーブル8および最小位相テーブル11に供給することによって、最大位相テーブル8からの最大電流位相および最小位相テーブル11からの最小電流位相を位相算出部9'に供給する。

40 【0165】この位相算出部9'においては、最大電流位相と最小電流位相との間において、電圧指令が最大電圧に達しているか否かに対応して進相制御もしくは遅相制御を行って位相指令を出力する。

【0166】そして、出力される位相指令に基づいて図6の同期モータ制御装置と同様の作用を達成することができる。

【0167】この結果、電流位相を最大電流位相と最小電流位相との間の値に設定して同期モータを制御することができる。

50 【0168】図11はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【0169】この同期モータ制御装置が図10の同期モータ制御装置と異なる点は、最大位相テーブル8として検出された速度のみを入力として最大電流位相を出力するものを採用する点、および位相算出部9'として最大位相テーブル8からの最大電流位相、最小位相テーブル11からの最小電流位相、位相制御部6からの電流指令、および電流制御部7からの電圧指令を入力として電流位相を算出し、位相指令として出力するものを採用する点のみである。

【0170】前記最大位相テーブル8は、電圧拘束の下での各回転数毎の最大電流位相のみを保持している。

【0171】前記位相算出部9'は、最大電流位相による電流位相の制限時に遅相制御を行うほか、図10の位相算出部9'と同様の作用を達成する。

【0172】したがって、この場合にも、電流位相を最大電流位相と最小電流位相との間の値に設定して同期モータを制御することができる。

【0173】前記の何れかの同期モータ制御装置により制御される同期モータにより空気調和機用圧縮機を駆動することが好ましい。

【0174】この場合には、冷媒によって同期モータが冷却され、しかも著しく高い冷却効率を達成することができる。したがって、同期モータの放熱を特に考慮することなく同期モータの能力の限界を引き出すことができる。

【0175】また、IPMによって空気調和機用圧縮機を駆動する場合には、電流位相の上限を略60〜80度に設定することが好ましい。

【0176】図12は空気調和機用圧縮機の運転エリアを示す図である。

【0177】空気調和機用圧縮機では、極低速での運転と高速高負荷での運転が必要なく、それ以外の回転数では一定のトルクが求められる。このため、低速運転時には最大電流制限にかかることがない。また、中速回転時に最大トルク電流位相にかかることもない。

【0178】したがって、電流位相の上限を最高回転数付近の最大トルク電流位相に設定することによって、IPMの最大能力を引き出して空気調和機用圧縮機を運転することができる。

【0179】図13はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【0180】この同期モータ制御装置が図11の同期モータ制御装置と異なる点は、位相算出部9'として電流限界、位相限界に達したことを条件として速度を垂下させる指令を出力する機能をさらに有するものを採用した点、および外部から与えられる速度指令から速度垂下指令を減算して速度制御部5に供給する減算部5aをさらに含む点のみである。

【0181】この場合には、電流限界、位相限界に達したことを条件として位相算出部9'から速度垂下指令を

出力し、減算部5aによって速度指令を減少させることができる。

【0182】そして、減少させられた速度指令に基づいて図11の同期モータ制御装置と同様の作用を達成することができる。

【0183】この結果、電流限界、位相限界以下で同期モータを駆動し、制御系の発散を防止することができる。

【0184】さらに説明する。

【0185】速度垂下制御を全く行わない場合には、一瞬だけ電流限界、位相限界に達して電流、位相が制限されるだけであれば何ら不都合なく同期モータを駆動することができる可能性がある。しかし、定常的に電流、位相が制限される状況であれば、位相誤差、電流誤差がPI制御器などの制御器の内部状態に蓄積してPI制御器の発散などの不都合を生じる。また、速度制御系が要求する所用トルクを発生させることができないことに起因して速度制御系の制御器も発散するという不都合を生じる。

【0186】しかし、図13の同期モータ制御装置を採用すれば、速度垂下制御を行って電流、位相が制限されることを未然に防止することができ、制御器の発散をも防止することができる。

【0187】図14はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【0188】この同期モータ制御装置は、外部から与えられる速度指令と検出速度との差を入力としてPI制御演算を行い、電流振幅指令を出力する速度制御部5と、電流振幅指令を入力として位相制御を行い、電流指令を出力する位相制御部6と、電流指令を入力として電流制限を行う電流リミッタ部23と、電流リミッタ部23からの電流指令とモータ電流との差を入力としてPI制御演算を行い、電圧指令を出力する電流制御部7と、この電圧指令を入力として非干渉処理を行ってd軸電圧指令およびq軸電圧指令を出力する非干渉部25と、d軸電圧指令およびq軸電圧指令を入力としてロータ位置に基づいて3相電圧指令に変換するd-q→3相変換部26と、3相電圧指令を入力としてデッドタイム補償を行うデッドタイム補償部27と、デッドタイム補償後の3相電圧指令を入力としてデューティ制限を行って3相電圧指令を出力するデューティリミット部28と、デューティリミット部28からの3相電圧指令を制御信号とし、3相交流電圧を生成して同期モータ3に印加するインバータ2と、デューティリミット部28からの3相電圧指令を入力としてロータ位置に基づいて電圧を検出する電圧検出部3bと、ロータ位置に基づいてモータ電流を検出する電流検出部3aと、検出された電圧およびモータ電流を入力として、予め設定されたモータモデルに基づいてロータ位置および速度を推定する位置・速度検出部4とを含んでいる。

【0189】前記デューティリミット部28は、インバータ2の出力電圧が限界に達すると定数K2部34により定数K2が乗算されて進相指令として位相制御部6に供給すべく電圧オーバー値を出力する。

【0190】前記電流リミッタ23は、電流指令が電流限界以上か否かを判定し、電流限界以上の電流指令が供給されたことに応答して、電流指令の位相を保持したまま電流値を電流限界まで削減し、しかも速度制御部5の内部状態積分項（以下、I項と称する）を電流指令が上限に達する前の値に固定すべくI項制限指令を出力する。

【0191】前記位相制御部6は、進相指令が供給されたことに応答して電流位相を進相制御し、電流位相が上限に達すると進相を停止させ、速度制御部5の内部状態I項を電流位相が上限に達する前の値に固定すべくI項制限指令を出力する。

【0192】図15は位相制御部の構成を詳細に示すブロック図である。

【0193】進相指令に基づいて進相制御を行うとともに、進相指令が供給されていないことに応答して遅相制御を行って位相指令を出力する位相制御部22aと、位相指令が位相下限値に達したことを検出して遅相制御停止指令を位相制御部22aに供給する位相下限部22bと、位相指令が位相上限値に達したことを検出して進相制御停止指令を位相制御部22aに供給するとともに、I項制限指令を出力する位相上限部22cと、位相指令のcos成分を得るcos部22dと、位相指令のsin成分を得るsin部22eと、cos成分と電流振幅指令とを乗算してq軸電流指令を出力する第1乗算部22fと、sin成分と電流振幅指令とを乗算してd軸電流指令を出力する第2乗算部22gとを有している。

【0194】上記の構成の同期モータ制御装置の作用は次のとおりである。

【0195】同期モータ3の回転数増加に伴ってインバータ2の出力電圧が限界に達するまでの間は、速度制御、位相制御、電流制御などを行ってインバータ2を制御し、同期モータ3の回転数を増加させる。

【0196】そして、同期モータ3の回転数増加に伴ってインバータ2の出力電圧が限界に達した場合には、デューティリミット部28から位相制御部6に進相指令を供給するので、位相制御部6において進相制御を行って電流位相を進める。

【0197】電流位相が上限に達した場合には、位相上限部22cから進相制御停止指令を出力して進相制御を停止させるとともに、I項制限指令を出力して速度制御部5における内部状態のうちI項（積分項）を電流位相が上限に達する直前の値に固定する。

【0198】また、電流指令が電流限界以上になった場合には、電流リミッタ部23において、電流位相を保持したまま電流値を電流限界まで削減するとともに、I項

制限指令を出力して速度制御部5における内部状態のうちI項を電流値が電流限界に達する直前の値に固定する。

【0199】この結果、速度制御部の発散を防止して、同期モータの安定な制御を実現することができる。

【0200】図16はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【0201】この同期モータ制御装置が図13の同期モータ制御装置と異なる点は、位置・速度検出部4としてモータモデルを用いてロータ位置および速度を検出するものを採用する点、位相制御部6に代えて、ロータ位置に応じて任意の調波成分を重畳した波形パターンを発生する波形発生部12および電流指令と波形パターンとを乗算して電流制御部7に供給すべき電流指令を出力する乗算部12aを採用する点、および電流制御部7からの電圧指令をインバータ出力限界電圧でクリップする電圧リミッタ13をさらに含む点のみである。

【0202】この同期モータ制御装置であれば、ロータ位置に応じて波形発生部12が任意の調波成分を重畳した波形パターンを出力するので、電流指令と重畳して電流制御部7に供給することにより、電圧指令を出力する。

【0203】この電圧指令がインバータ出力限界電圧以下であればそのままインバータ3に供給することができるが、インバータ出力限界電圧よりも大きければ電圧リミッタ13によりインバータ出力限界電圧でクリップされてインバータ3に供給される。

【0204】そして、電圧指令がクリップされれば、出力電圧が矩形波に近づき、同じ出力限界電圧であっても基本波成分を大きくすることができ、高速回転を可能とすることができる。このような高速域においては、モータノイズよりもメカノイズが大きくなり、モータの静音化は余り意味を持たなくなる。

【0205】この実施態様において、電圧波形を矩形波に近づけるために、出力限界電圧に漸近する特性を持たせることも可能である。また、矩形波以外の波形であっても、電圧利用率が高い波形を採用することによって同様の作用を達成することができる。

【0206】さらに、任意の調波成分を重畳して自由な波形とすることができるので、低速域において静音化などを達成することができる（ブラシレスDCモータにおける電流波形最適化法、千切他、平成7年電気学会産業応用部門全国大会参照）。ここで、この波形を正弦波に設定すれば、調波成分が基本波のみになるので、高調波による騒音や振動を簡単に抑えることができる。

【0207】図17中（A）は電圧指令をインバータ出力限界電圧以下に設定した状態を示す図であり、基本波成分もインバータ出力限界電圧以下になっている。

【0208】これに対して、図17中（B）は電圧指令をインバータ出力限界電圧よりも大きく設定した状態を

示す図であり、電圧指令を電圧リミッタ 13 によりクリップすることによって矩形波に近い出力電圧波形とする。この結果、図 17 中 (A) の場合と比較して基本波成分を大きくすることができる。

【0209】なお、図 17 中 (A) (B) は共に、説明の簡単化のために、単相の場合を示しているが、3 相の場合にも同様に表すことができる。

【0210】図 18 は図 16 の同期モータ制御装置による運転範囲の実測結果 { (A) 参照 }、図 16 の同期モータ制御装置による運転範囲のシミュレーション結果 { (B) 参照 }、および電圧リミッタを用いない同期モータ制御装置による運転範囲のシミュレーション結果 { (C) 参照 } を示す図である。

【0211】図 18 から分かるように、電圧リミッタを設けることによって運転範囲を高速側に拡大することができる。

【0212】図 13 から図 16 の同期モータ制御装置により制御される同期モータによって圧縮機を駆動することができる。

【0213】一般に、圧縮機は騒音、振動が問題となり、しかも高速まで駆動する必要があるが、図 13 から図 16 の同期モータ制御装置を採用することによって、騒音、振動を低減することができるとともに、高速まで駆動することができる。

【0214】図 19 はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【0215】この同期モータ制御装置は、外部から与えられる速度指令と検出速度との差を入力として P I 制御演算を行い、電流振幅指令を出力する速度制御部 5 と、電流振幅指令を入力として位相制御を行い、電流指令 (d 軸電流指令および q 軸電流指令) を出力するとともに、位相オーバー値 (限界位相を基準とするオーバー値) を出力する位相制御部 6 と、電流指令とモータ電流との差を入力として P I 制御演算を行い、電圧指令 (d 軸電圧指令および q 軸電圧指令) を出力する電流制御部 7 と、この電圧指令を入力として電圧超過状態を検出する電圧超過検出器 35 と、d 軸電圧指令および q 軸電圧指令を入力としてロータ位置に基づいて 3 相電圧指令に変換する d-q → 3 相変換部 26 と、3 相電圧指令を入力としてデューティ制限を行って 3 相電圧指令を出力するデューティリミット部 28 と、デューティリミット部 28 からの 3 相電圧指令を制御信号とし、3 相交流電圧を生成して同期モータ 3 に印加するインバータ 2 と、デューティリミット部 28 からの 3 相電圧指令を入力としてロータ位置に基づいて電圧を検出する電圧検出部 3b と、ロータ位置に基づいてモータ電流を検出する電流検出部 3a と、検出された電圧およびモータ電流を入力としてロータ位置および速度を推定する位置検出部 33' とを含んでいる。

【0216】前記デューティリミット部 28 として

は、過渡的な大電流について電流制御部 7 の発散を防止するために、デューティ制限を行ったことに応答して、電流制御部 7 の内部状態 I 項を電圧指令が上限に達する前の値に固定すべく I 項制限指令を出力するよう構成することが可能である。

【0217】前記位相制御部 6 は、位相オーバー値 (限界位相を基準とするオーバー値) をも出力し、定数 K3 部 36 によって定数 K3 を乗算された値を減算部 37 に供給することにより、外部から与えられる速度指令を減少させる。したがって、進相制御によって電流位相が限界位相を越えた場合に、位相オーバー値に定数 K3 を乗算して速度指令から減算させ、制御系の発散を防止することができる。

【0218】上記の構成の同期モータ制御装置においては、速度差に基づいて速度制御 21 によって電流振幅指令を生成し、位相制御部 6 によって位相制御を行って電流指令を生成する。

【0219】そして、位相制御部 6 からの電流指令と検出されたモータ電流との差に基づいて電流制御部 7 によって電圧指令を生成し、モータ出力電圧を制御する。

【0220】回転速度が増大し、モータ誘起電圧が上昇してインバータ出力限界電圧に達すると、電流制御部 7 が出力する電圧指令をインバータ 2 は完全には出力することができず、出力電圧のピークではデューティが 100% を越えて、出力電圧がクランプされる。

【0221】しかし、出力電圧のピークのみがクランプされ、デューティが 100% を越えない場合には電圧制御が可能である。このことから、電流制御部 7 はすぐに発散することはなく、出力電圧が矩形波状になっても平均的には電流制御を行うことができる。

【0222】この結果、インバータ出力電圧の振幅が大きくなり、電圧クランプが起こった場合であっても、モータ電流を制御することができる。

【0223】図 19 の同期モータ制御装置と対比すべく、従来の同期モータ制御装置を図 20 に示す。

【0224】図 20 の同期モータ制御装置は、交流電源 1 を入力として直流電力を出力するコンバータ 1a と、直流電力を入力として交流電力を出力し、同期モータ 3 に供給するインバータ 2 と、モータ電流を検出する電流検出部 3a と、モータ電圧を検出する電圧検出部 3b と、モータ電流およびモータ電圧を入力としてロータ位置および速度を検出する位置・速度検出部 4 と、外部から与えられる速度指令と、位置・速度検出部 4 からのロータ位置、速度を入力として速度制御を行って電流指令または電圧指令を出力する速度制御部 5 と、速度制御部 5 からの電流指令およびモータ電流を入力として電流制御を行って電圧指令を出力する電流制御部 7 と、速度制御部 5 からの電圧指令または電流制御部 7 からの電圧指令を選択する選択部 15 と、選択部 15 により選択された電圧指令を入力として、インバータ出力限界電圧でク

リップするとともに、電圧飽和信号を出力する電圧リミッタ 13 と、電圧飽和信号を入力として切替判定を行い、切替信号を速度制御部 5 および選択部 15 に供給する切替判定部 14 とを含んでいる。

【0225】この同期モータ制御装置においては、電流制御ループを持っているとともに、インバータ出力電圧いっぱいまで利用し、電圧クランプが起こる制御を行うに当たって、電圧クランプ時には電流制御マイナーループの動作を止めて電圧制御を行う。

【0226】したがって、電圧クランプが起こった場合にはモータ電流を制御することができない。この結果、電圧クランプ時に外乱などにより電流が増加する場合には、電流制御を行うことができず、同期モータやインバータを破壊することになるという不都合が生じる。

【0227】図 20 の同期モータ制御装置と対比することにより分かるように、図 19 の同期モータ制御装置を採用することにより、電圧クランプ時に外乱などにより電流が増加した場合であっても、電流制御を行うことができ、同期モータやインバータの破壊を防止することができる。

【0228】図 21 はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【0229】この同期モータ制御装置は、外部から与えられる速度指令と検出速度との差を入力として P I 制御演算を行い、電流振幅指令を出力する速度制御部 5 と、電流振幅指令を入力として位相制御を行い、電流指令を出力する位相制御部 6 と、電流指令を入力として電流超過状態を検出し、電流オーバー値を出力する電流超過検出器 38 と、電流超過検出器 38 からの電流指令を入力として該当する場合に電流を制限する電流リミッタ 23 と、電流リミッタ部 23 からの電流指令とモータ電流との差を入力として P I 制御演算を行い、電圧指令を出力する電流制御部 7 と、この電圧指令を入力として非干渉処理を行って d 軸電圧指令および q 軸電圧指令を出力する非干渉部 25 と、d 軸電圧指令および q 軸電圧指令を入力として電圧超過状態を検出し、電圧オーバー値を出力する電圧超過検出器 35 と、電圧超過検出器 35 からの d 軸電圧指令および q 軸電圧指令を入力として過変調ゲインに基づく補正を行う過変調ゲイン補正部 39 と、過変調ゲイン補正部 39 からの d 軸電圧指令および q 軸電圧指令を入力としてロータ位置に基づいて 3 相電圧指令に変換する d-q→3 相変換部 26 と、3 相電圧指令を入力としてデッドタイム補償を行うデッドタイム補償部 27 と、デッドタイム補償後の 3 相電圧指令を入力としてデューティ制限を行って 3 相電圧指令を出力するデューティリミット部 28 と、デューティリミット部 28 からの 3 相電圧指令を制御信号とし、3 相交流電圧を生成して同期モータ 3 に印加するインバータ 2 と、デューティリミット部 28 からの 3 相電圧指令を入力としてロータ位置に基づいて電圧を検出する電圧検出部

3b と、ロータ位置に基づいてモータ電流を検出する電流検出部 3a と、検出された電圧およびモータ電流を入力として、予め設定されたモータモデルに基づいてロータ位置および速度を推定する位置・速度検出部 4 とを含んでいる。

【0230】前記電圧超過検出器 35 は、過変調の度合い（例えば、クランプ前の相電圧指令／クランプ後の相電圧）を検出して、定数 K2 部 34 により定数 K2 が乗算されて進相指令として位相制御部 6 に供給すべく電圧オーバー値を出力する。

【0231】前記電流リミッタ 23 は、電流指令が電流限界以上か否かを判定し、電流限界以上の電流指令が供給されたことに応答して、電流指令の位相を保持したまま電流値を電流限界まで削減し、しかも速度制御部 5 の内部状態 I 項を電流指令が上限に達する前の値に固定すべく I 項制限指令を出力する。

【0232】前記デューティリミット部 28 は、デューティが制限されたこと（例えば、デューティが 100% に達したこと）に応答して電流制御部 7 の内部状態 I 項を電圧が上限に達する前の値に固定すべく I 項制限指令を出力する。

【0233】前記位相制御部 6 は、進相指令が供給されたことに応答して電流位相を進相制御し、電流位相が上限に達すると進相を停止させ、定数 K3 部 36 により定数 K3 が乗算されて減速指令として減算部 37 に供給すべく位相オーバー値を出力する。具体的には、例えば、図 15 に示す構成により位相制御部 6 を構成する。

【0234】前記電流超過検出器 38 は、電流超過状態を検出したことに応答して定数 K1 部 40 により定数 K1 が乗算されて減速指令として減算部 37 に供給すべく電流オーバー値を出力する。

【0235】この構成の同期モータ制御装置を採用した場合には、速度制御部 5 による速度制御、位相制御部 6 による位相制御、および電流制御部 7 による電流制御を行ってインバータ 2 を制御し、同期モータ 3 を駆動している間において、インバータ出力限界電圧を越える電圧指令がデューティリミット部 28 に供給された場合に、電圧指令をクランプするので、出力される電圧指令が低下する。しかし、この同期モータ制御装置においては、過変調ゲイン補正部 39 によって、クランプによる電圧指令の低下を補償すべく電圧振幅を増幅するのであるから、電圧指令の低下を補償することができ、ひいては、電圧指令の低下に起因するトルクの減少を補償することができる。

【0236】前記過変調ゲイン補正部 39 における電圧補正係数は、例えば、クランプ前の出力波形が正弦波である場合に、図 22 に示すように設定される。例えば、テーブルとして電圧補正係数を持たせてもよいが、電圧補正係数を表す式を持たせてもよい。

【0237】したがって、指令電圧に応じて電圧補正係

10

20

30

40

50

数を選択し、指令電圧に乘算することにより、補正後の電圧指令を得ることができる。

【0238】なお、図22に示す電圧補正係数は単相の場合に対応するものであり、指令電圧の基本波とクランプ後の基本波との比をプロットすることにより得られる。もちろん、3相の場合についても同様に容易に算出することができる。

【0239】図23はこの発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【0240】この同期モータ制御装置が図21の同期モータ制御装置と異なる点は、非干渉部25、過変調ゲイン補正部39、およびデッドタイム補償部27を省略した点、およびオブザーバ部33に代えて、モータ電流およびモータ電圧を入力としてロータ位置および速度を検出する位置検出部33'を採用した点のみである。

【0241】この構成の同期モータ制御装置を採用した場合には、速度制御部5による速度制御、位相制御部6による位相制御、および電流制御部7による電流制御を行ってインバータ2を制御し、同期モータ3を駆動している間において、電圧超過検出器35によって過変調の度合いを検出し、定数K2部34を通して位相制御部6にフィードバックする。

【0242】そして、位相制御部6においては、過変調の度合いが所定の値よりも低い場合に電流位相を遅らせ、最終的に最大効率や最大トルクなどに対応する電流位相など、所望の電流位相を指令し、逆に過変調の度合いが所定の値以上の場合に電流位相を進め、弱め界磁制御によりモータ誘起電圧を下げ、過変調の度合いを下げることに、過変調の度合いを所望の値にすることができる。

【0243】また、図19、図21、または図23の同期モータ制御装置により制御される同期モータとしてIPMを採用することが好ましい。この場合には、IPMのインダクタンスが大きく、弱め界磁制御を効果的に行うことができる。

【0244】さらに、図19、図21、または図23の同期モータ制御装置により制御される同期モータによって圧縮機を駆動することが好ましい。

【0245】従来から圧縮機においては、効率を重視するためインバータ出力電圧を限界まで利用したいという要求がある。このため、従来は電圧制御によって同期モータを駆動していた。

【0246】一般に、空調機や冷蔵庫用の圧縮機では、液冷媒の吸入などにより急激な負荷増大が起こる。そして、この時、電流制御を行っていなければ、過大な電流によって同期モータやインバータが破損してしまうという危険性が高い。このような不都合を解消するために、従来は、ハードウェアによる保護が行われているが、この場合には、過電流時に圧縮機が完全に停止してしまい、再起動に時間がかかり、その間は温度調節

などできないため快適性などが損なわれてしまう。

【0247】しかし、図23の同期モータ制御装置を採用すれば、上述のような場合にも電流制御を行うことができ、この結果、同期モータ、インバータの破損を防止しつつインバータ電圧を限界まで利用して同期モータを駆動することができるので、圧縮機の停止による快適性などの低下を未然に防止することができる。

【0248】

【発明の効果】請求項1の発明は、最大回転速度を引き上げるために電流位相を進め、または速度を制御するために電圧位相もしくは電流位相を操作するとき、同期モータが発生できる最大トルク付近での制御を行うことができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0249】請求項2の発明は、速度毎に設定された電流位相の上限値を用いて同期モータを制御することができ、高速時の弱め界磁制御時の電流位相を上限値以下に保持することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0250】請求項3の発明は、請求項1または請求項2と同様の効果を奏する。

【0251】請求項4の発明は、処理を簡単化して、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0252】請求項5の発明は、トルク低下を防止し、しかも電流位相を最大限に制御することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0253】請求項6の発明は、選択された上限値によって電流位相を制限することによって、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0254】請求項7の発明は、電流位相を下限値と上限値との間の位相に制御することができるほか、請求項1から請求項6の何れかと同様の効果を奏する。

【0255】請求項8の発明は、冷媒によって弱め界磁制御時に発熱が大きくなる同期モータを冷却することが

でき、同期モータの放熱を特に考慮することなく、請求項 1 から請求項 7 の何れかと同様の効果を奏する。

【0256】請求項 9 の発明は、永久磁石モータの最大能力を引き出して良好な制御性を実現することができ、しかも請求項 8 と同様の効果を奏する。

【0257】請求項 10 の発明は、電流限界、位相限界以下で永久磁石モータを駆動して制御系の発散を防止することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0258】請求項 11 の発明は、速度制御系の発散を防止することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0259】請求項 12 の発明は、電圧波形を適宜調整することによって低速域において静音化を達成することができるとともに、高速運転範囲の拡大を達成することができるほか、請求項 10 または請求項 11 と同様の効果を奏する。

【0260】請求項 13 の発明は、高調波による騒音、振動を簡単に抑制することができるほか、請求項 12 と同様の効果を奏する。

【0261】請求項 14 の発明は、高速運転範囲の十分な拡大を達成することができるほか、請求項 12 または請求項 13 と同様の効果を奏する。

【0262】請求項 15 の発明は、騒音、振動を低減することができるとともに、高速まで駆動することができるほか、請求項 10 から請求項 14 の何れかと同様の効果を奏する。

【0263】請求項 16 の発明は、電圧制限時に外乱などにより電流が増加する場合にもモータ電流を制御することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0264】請求項 17 の発明は、請求項 16 と同様の効果を奏する。

【0265】請求項 18 の発明は、電流制限前のトルクを保持し続けることができるほか、請求項 16 または請求項 17 と同様の効果を奏する。

【0266】請求項 19 の発明は、請求項 18 と同様の効果を奏する。

【0267】請求項 20 の発明は、過変調の度合いが大きくなりすぎることを防止することができるほか、請求項 16 から請求項 19 の何れかと同様の効果を奏する。

【0268】請求項 21 の発明は、弱め界磁作用を効果的に利用することができるほか、請求項 9 から請求項 20 の何れかと同様の効果を奏する。

【0269】請求項 22 の発明は、急激な負荷増大が起こった場合であっても同期モータ、インバータの破損をもたらす過電流を防止することができるほか、請求項 16 から請求項 21 の何れかと同様の効果を奏する。

【0270】請求項 23 の発明は、最大回転速度を引き上げるために電流位相を進め、または速度を制御するために電圧位相もしくは電流位相を操作するとき、同期モータが発生できる最大トルク付近での制御を行うことができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0271】請求項 24 の発明は、速度毎に設定された電流位相の上限値を用いて同期モータを制御することができ、高速時の弱め界磁制御時の電流位相を上限値以下に保持することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0272】請求項 25 の発明は、請求項 23 または請求項 24 と同様の効果を奏する。

【0273】請求項 26 の発明は、構成を簡単化して、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0274】請求項 27 の発明は、トルク低下を防止し、しかも電流位相を最大限に制御することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0275】請求項 28 の発明は、選択された上限値によって電流位相を制限することによって、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができ、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0276】請求項 29 の発明は、電流位相を下限値と上限値との間の位相に制御することができるほか、請求項 23 から請求項 28 の何れかと同様の効果を奏する。

【0277】請求項 30 の発明は、冷媒によって同期モータを冷却することができ、同期モータの放熱を特に考慮することなく、請求項 23 から請求項 29 の何れかと

同様の効果を奏する。

【0278】請求項31の発明は、永久磁石モータの最大能力を引き出して良好な運転特性を実現することができる、しかも請求項30と同様の効果を奏する。

【0279】請求項32の発明は、電流限界、位相限界以下で永久磁石モータを駆動して制御系の発散を防止することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができる、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0280】請求項33の発明は、速度制御系の発散を防止することができ、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができる、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0281】請求項34の発明は、電圧波形を適宜調整することによって低速域において静音化を達成することができる、しかも、高速運転範囲の拡大を達成することができるほか、請求項32または請求項33と同様の効果を奏する。

【0282】請求項35の発明は、高調波による騒音、振動を簡単に抑制することができるほか、請求項34と同様の効果を奏する。

【0283】請求項36の発明は、高速運転範囲の十分な拡大を達成することができるほか、請求項34または請求項35と同様の効果を奏する。

【0284】請求項37の発明は、騒音、振動を低減することができる、しかも、高速まで駆動することができるほか、請求項32から請求項36の何れかと同様の効果を奏する。

【0285】請求項38の発明は、電圧制限時に外乱などにより電流が増加する場合にもモータ電流を制御することができ、しかも、トリップの発生を未然に防止できるとともに、電圧、電流を最大限に利用することができる、ひいては、同期モータの小型化、および最適チューニングによる最大効率を実現することができるという特有の効果を奏する。

【0286】請求項39の発明は、請求項38と同様の効果を奏する。

【0287】請求項40の発明は、電流制限前のトルクを保持し続けることができるほか、請求項38または請求項39と同様の効果を奏する。

【0288】請求項41の発明は、請求項40と同様の効果を奏する。

【0289】請求項42の発明は、過変調の度合いが大きくなりすぎることを防止することができるほか、請求項38から請求項41の何れかと同様の効果を奏する。

【0290】請求項43の発明は、弱め界磁作用を効果

的に利用することができるほか、請求項31から請求項42の何れかと同様の効果を奏する。

【0291】請求項44の発明は、急激な負荷増大が起こった場合であっても同期モータ、インバータの破損をもたらす過電流を防止することができるほか、請求項38から請求項43の何れかと同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の同期モータ制御装置の一実施態様を示すブロック図である。

【図2】モータ電流固定時のIPMの電流位相—トルク特性を示す図である。

【図3】電圧固定時の電流位相—トルク特性を示す図である。

【図4】この発明の同期モータ制御装置の他の実施態様を示すブロック図である。

【図5】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【図6】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【図7】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【図8】電圧および電流制限時のトルク—電流位相特性を示す図である。

【図9】IPMの動作位相を説明する図である。

【図10】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【図11】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【図12】空気調和機用圧縮機の運転エリアを示す図である。

【図13】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様を示すブロック図である。

【図14】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【図15】位相制御部の構成を詳細に示すブロック図である。

【図16】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【図17】電圧指令をインバータ出力限界電圧以下に設定した状態を示す図、および電圧指令をインバータ出力限界電圧よりも大きく設定した状態を示す図である。

【図18】図16の同期モータ制御装置による運転範囲の実測結果、図16の同期モータ制御装置による運転範囲のシミュレーション結果、および電圧リミットを用いない同期モータ制御装置による運転範囲のシミュレーション結果を示す図である。

【図19】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【図20】従来の同期モータ制御装置を示すブロック図である。

【図21】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【図22】電圧補正係数-指令電圧特性の一例を示す図である。

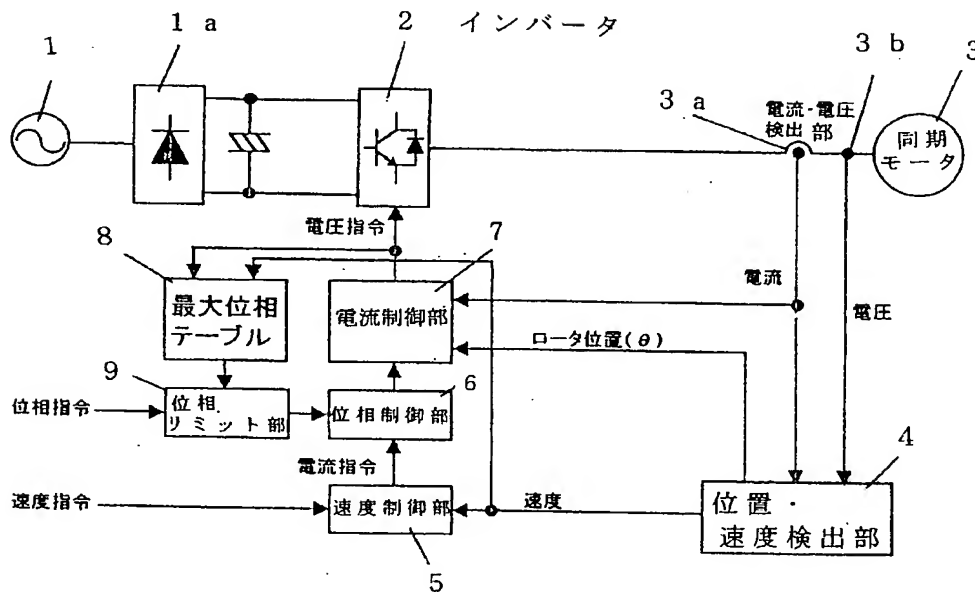
【図23】この発明の同期モータ制御装置のさらに他の実施態様の要部を示すブロック図である。

【符号の説明】

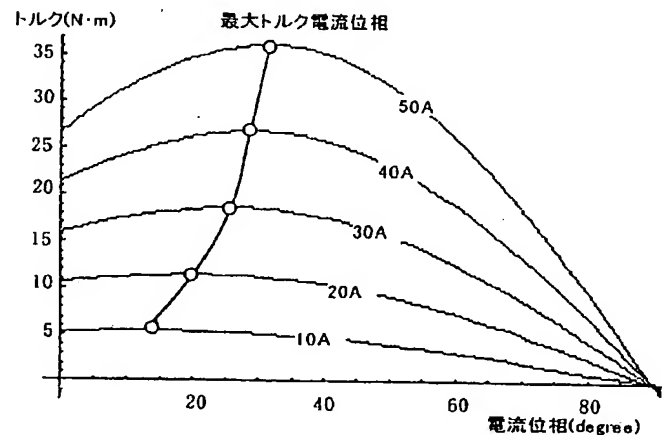
2 インバータ 3 同期モータ

5 速度制御部 5a 減算部
6 位相制御部 7 電流制御部
8 最大位相テーブル 8' 最大位相保持部
9 位相リミット部 9' 位相算出部
11 最小位相テーブル 12 波形発生部
12a 乗算部 13 電圧リミッタ
35 電圧超過検出器 39 過変調ゲイン補正部

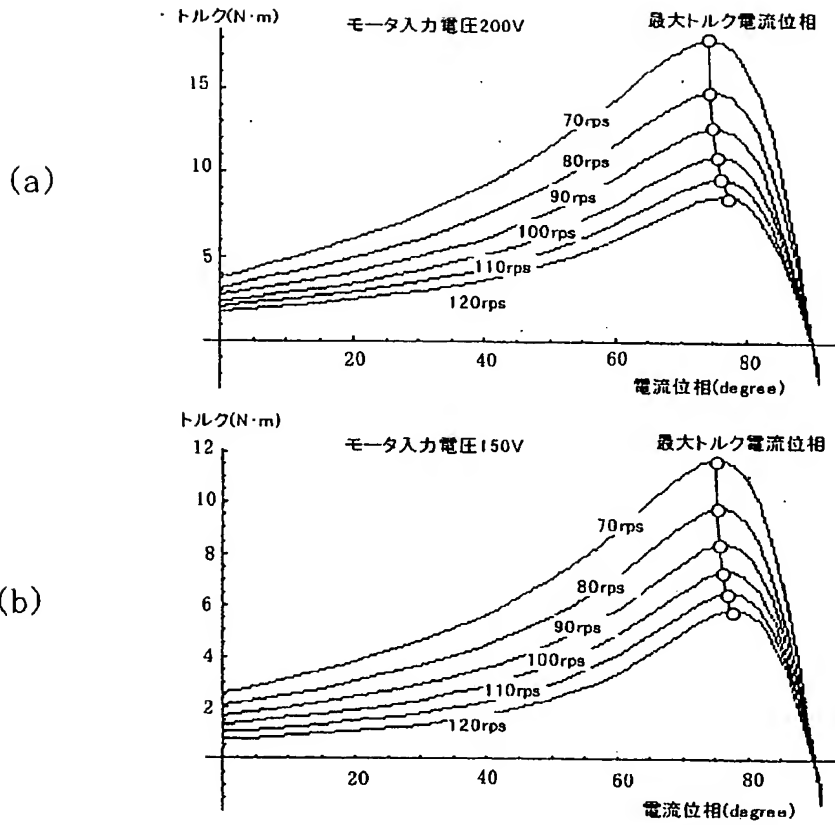
【図1】



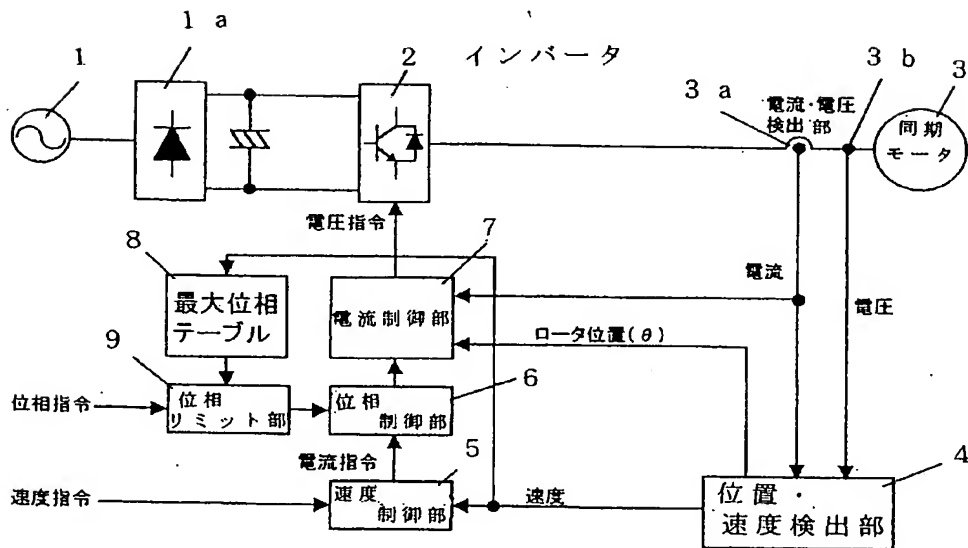
【図2】



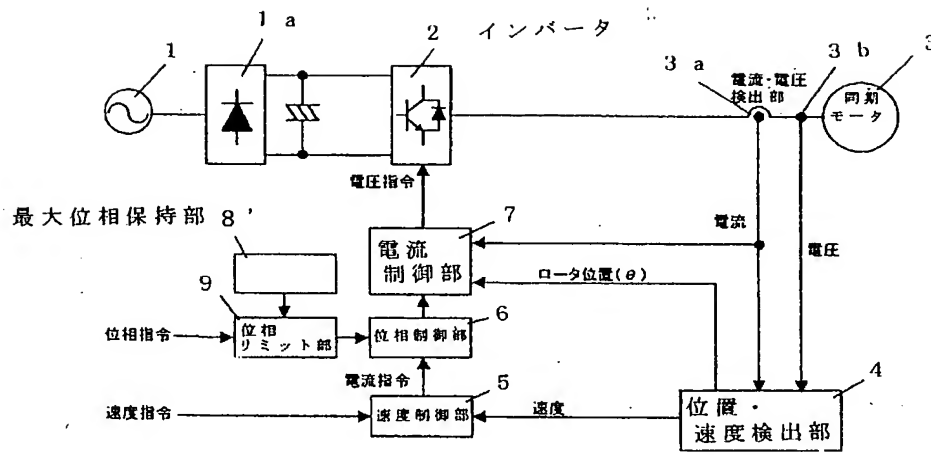
【図 3】



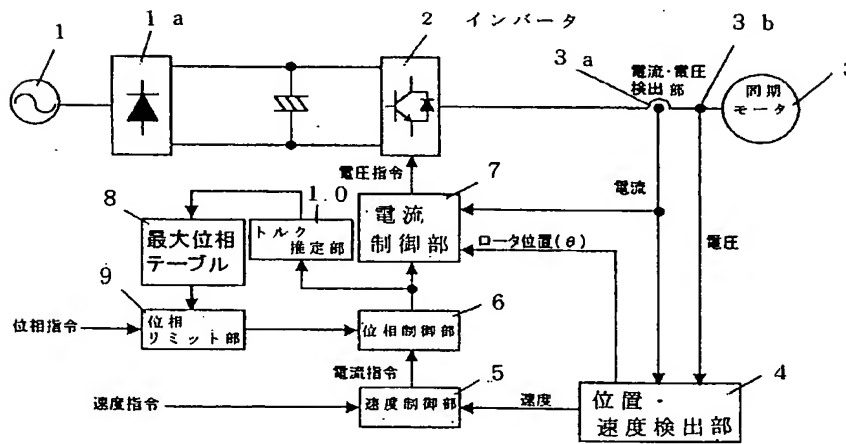
【図 4】



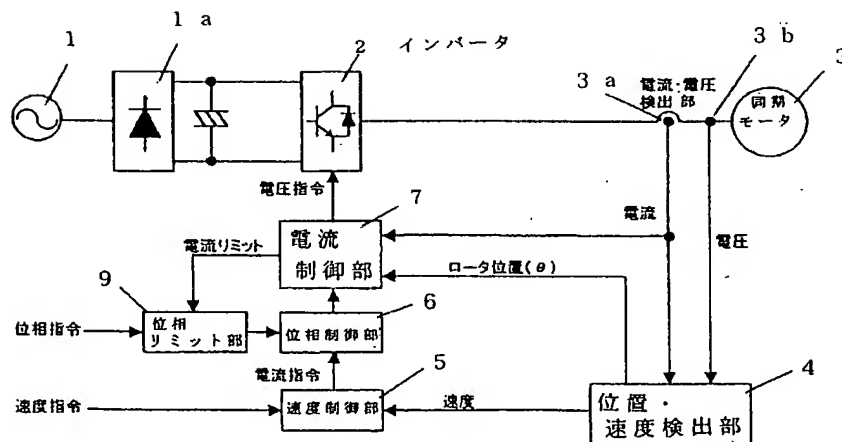
【図5】



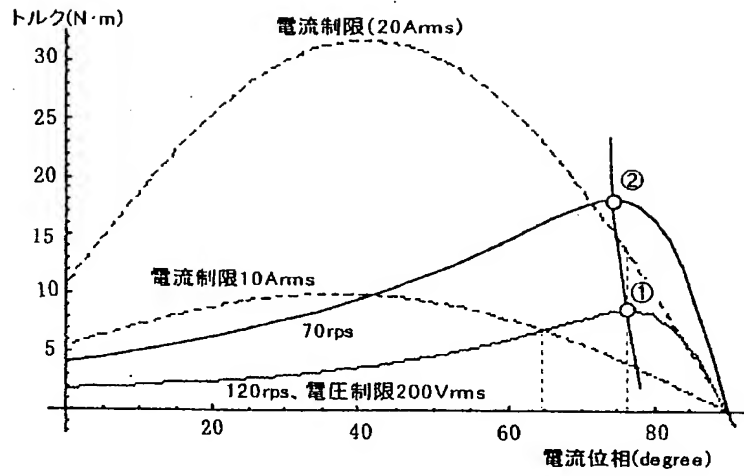
【図6】



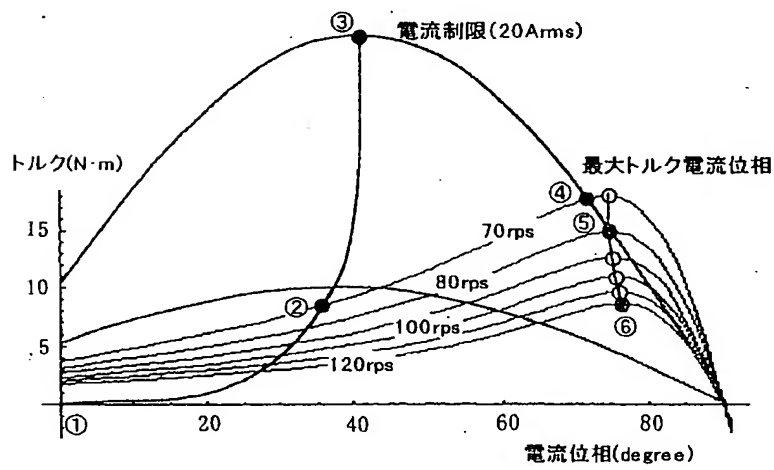
【図7】



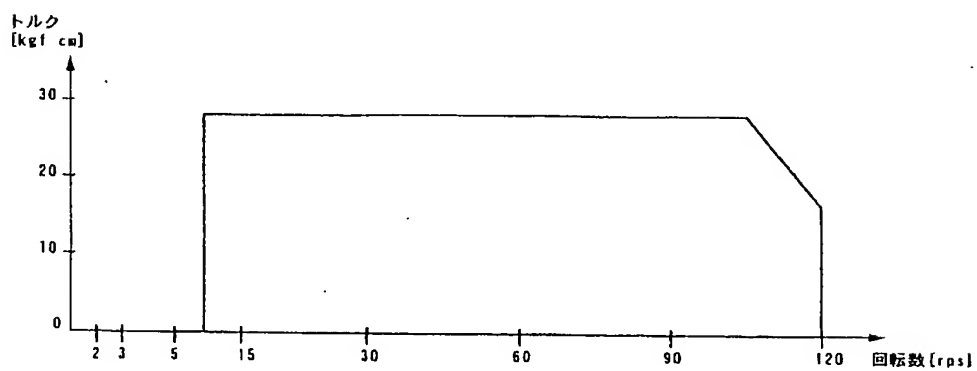
【図 8】



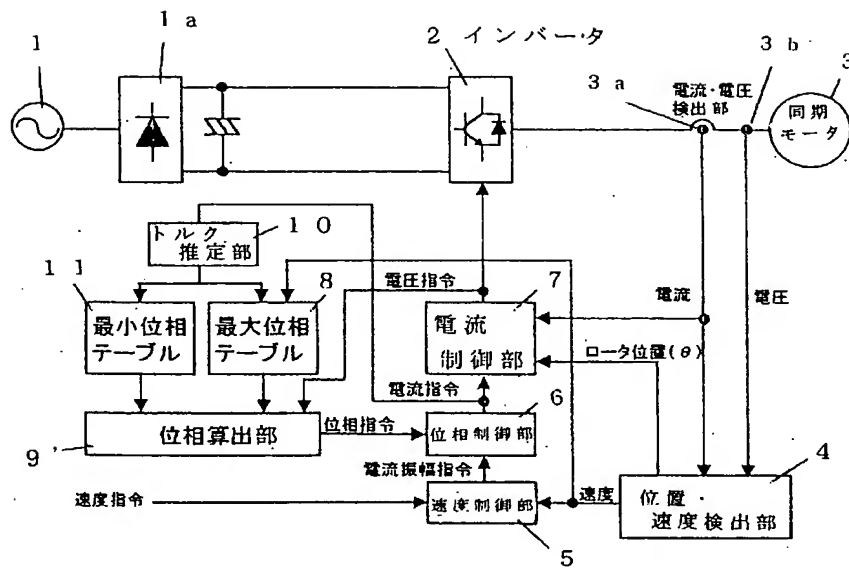
【図 9】



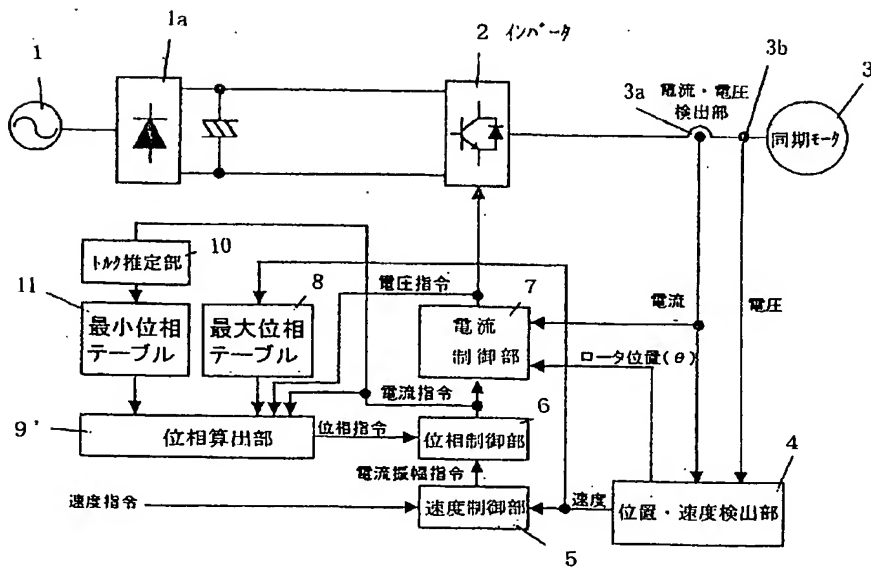
【図 12】



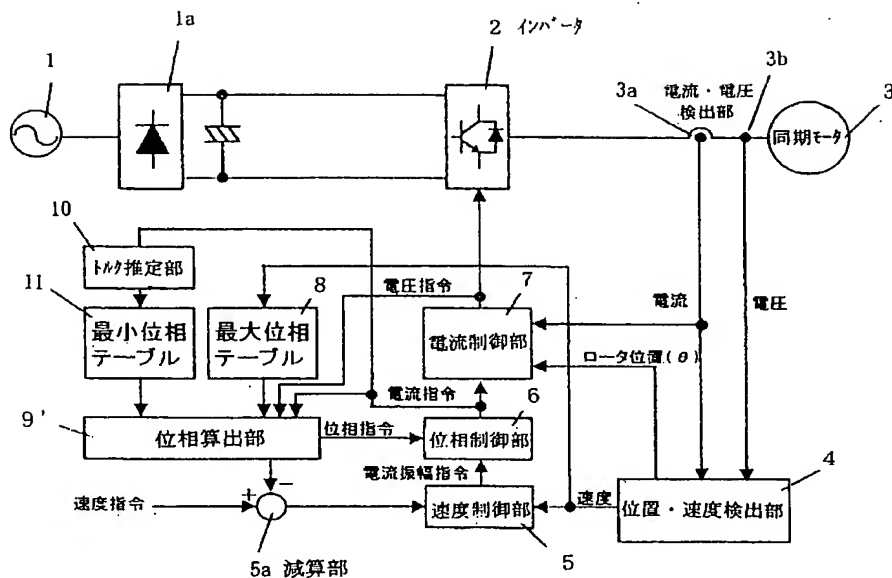
【図 10】



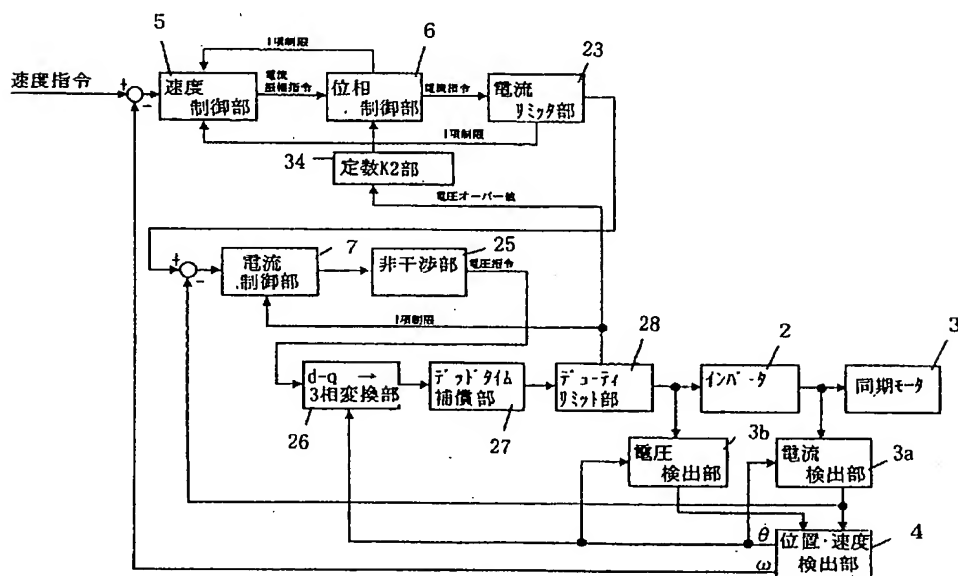
【図 11】



【図 1 3】

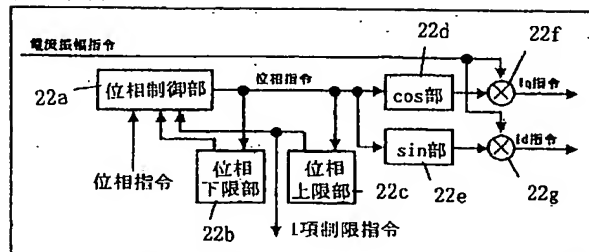


【図 14】

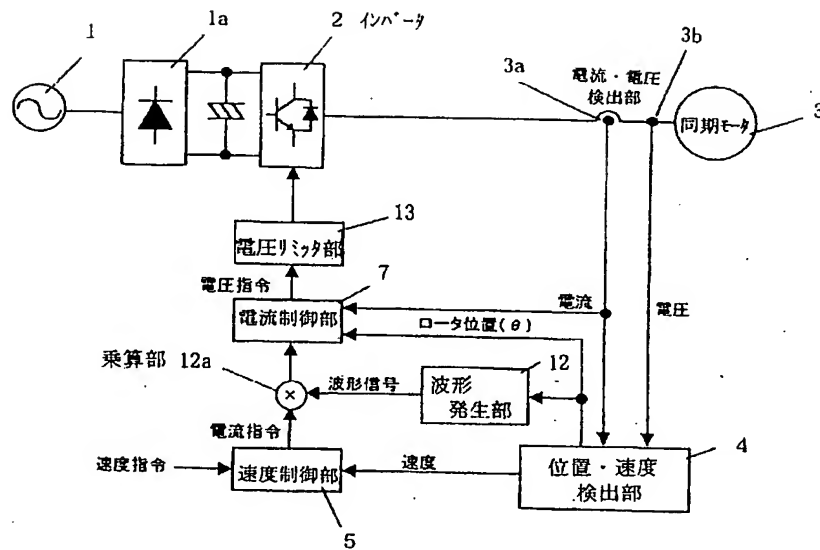


【図 15】

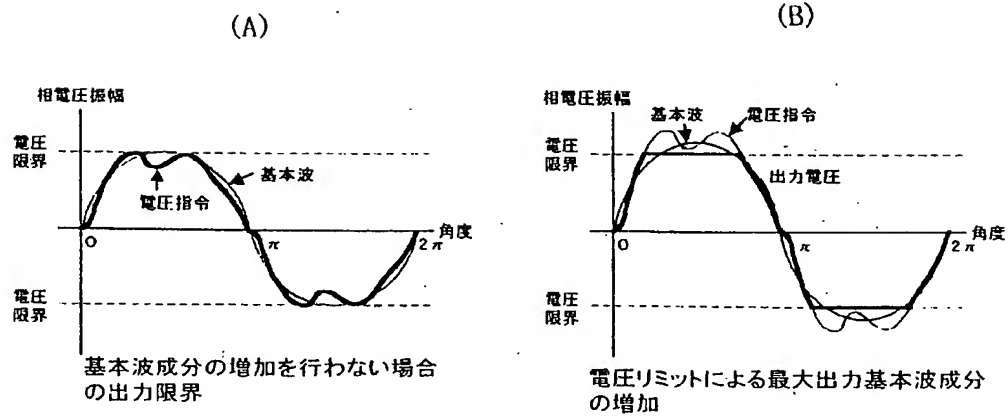
位相制御



【図16】



【図17】



速度指令

37

速度指令

5

位置フィードバック

6

位置指令

36

電流指令

7

電圧超過検出器

35

d-q → 3相変換

26

デューティリミット部

28

I/P

2

同期トルク

3

トルク

電圧検出部

3b

電流検出部

3a

電流

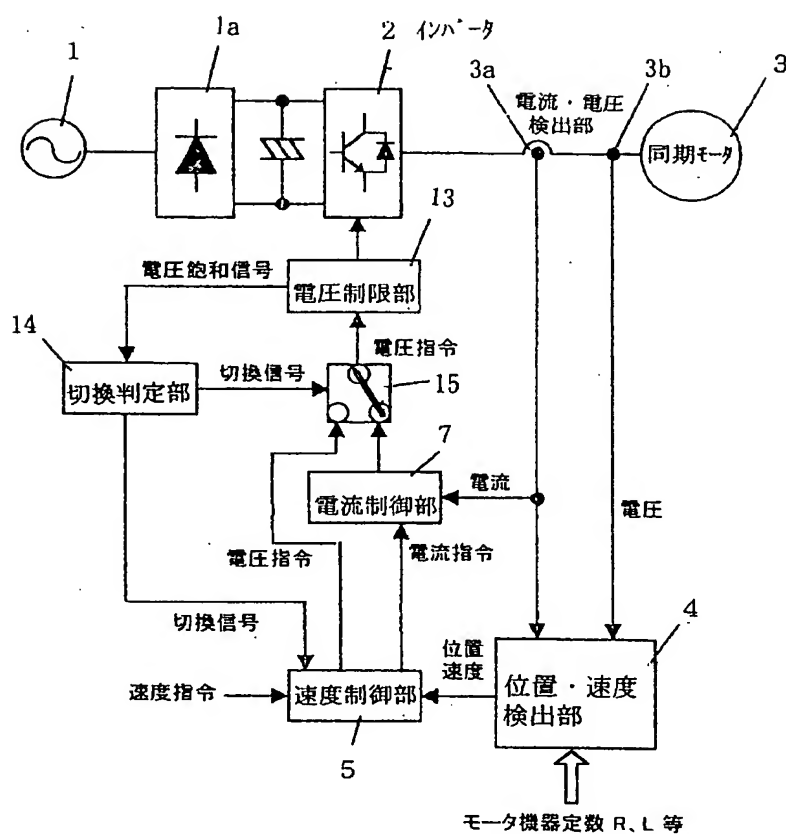
電圧

位置・速度検出部

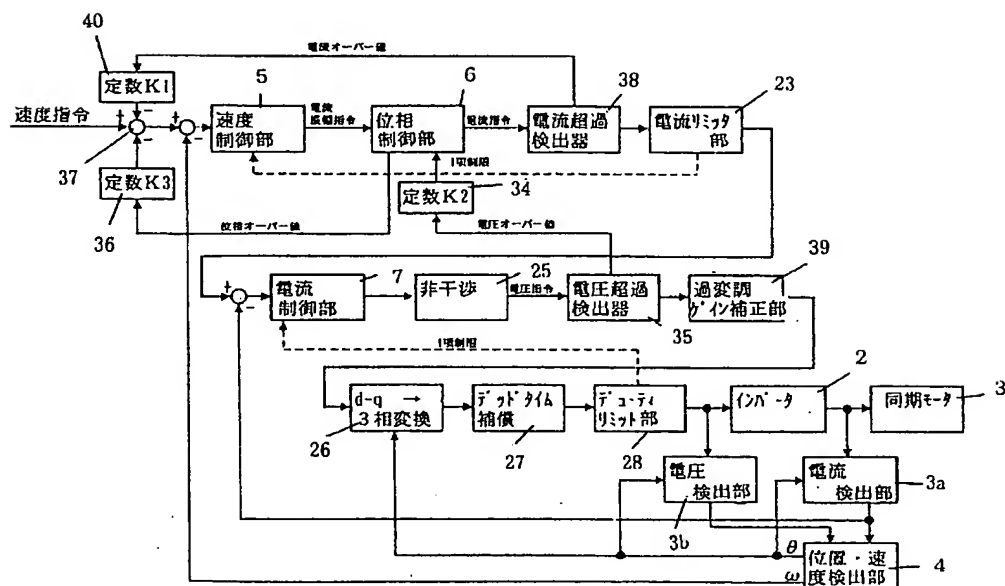
4

位置・速度

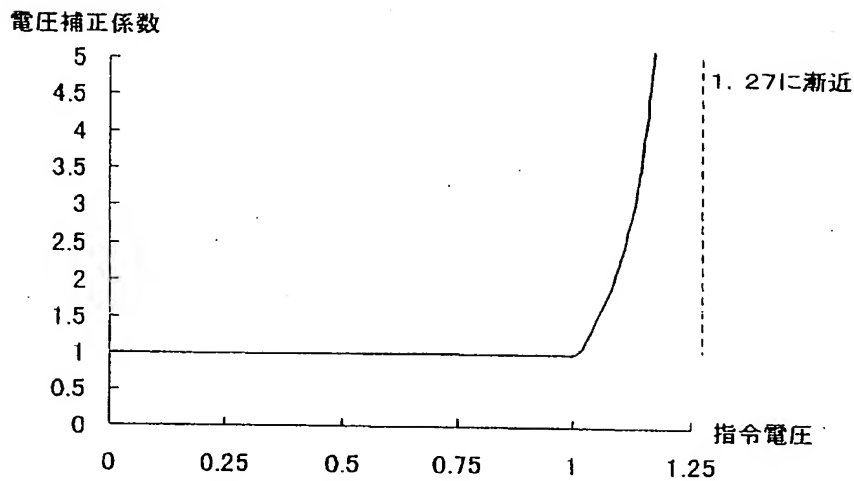
【図20】



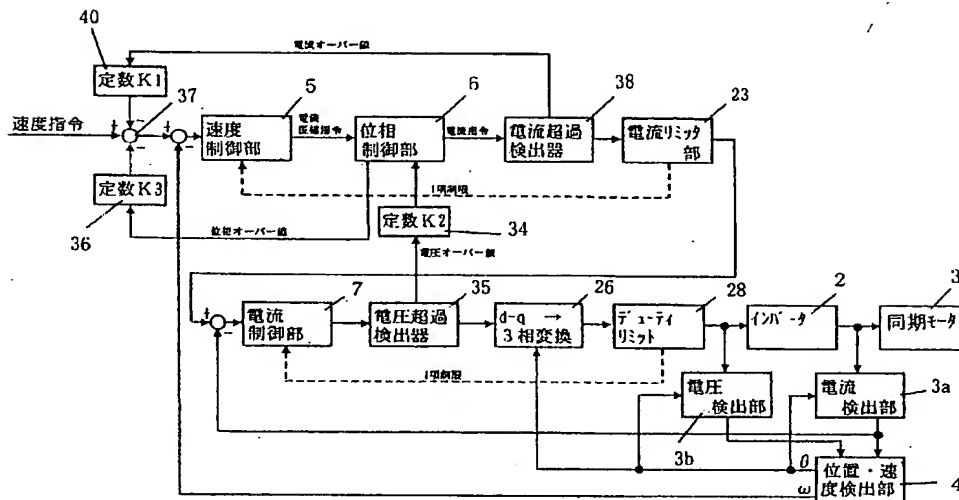
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 喜多 正信
滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2
株式会社ダイキン空調技術研究所内

Fターム(参考) 5H560 AA02 BB04 BB12 DA13 DB13
DC03 EB01 EB07 EC02 GG00
JJ02 RR01 SS07 UA02 XA02
XA04 XA05 XA13
5H576 AA10 BB02 BB03 BB04 DD07
EE01 EE11 FF07 FF08 GG04
GG05 GG06 HB02 JJ04 JJ17
JJ24 JJ25 JJ28 LL14 LL15
LL16 LL22 LL24 LL38 LL39
LL41

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.